This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
2 45 0179 5603

Ueber einige neuere Forschungen

im Gebiete der

Anatomie des Centralnervensystems.

Von

Dr. W. Waldeyer,

Geh. Medicinalrath, ord. Prof. der Anatomie an der Universität Berlin.

Leipzig.

Verlag von Georg Thieme.

1891.

E451
W16
1891

LANE

MEDICAL LIBRARY

LEVI COOPER LANE FUND

Ueber einige neuere Forschungen

im Gebiete der

Anatomie des Centralnervensystems.

Von

Dr. W. Waldeyer,

Geh. Medicinalrath und Prof. der Anatomie an der Universität Berlin.

Leipzig.

Verlag von Georg Thieme

1891.

Sonderabdruck aus der „Deutschen Medicinischen Wochenschrift“ 1891, No. 44 u. ff.
Redacteur: Geh. Sanitätsrath Dr. S. Guttmann.

E451
W16
1891

Ueber einige neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Centralnervensystems.[1])

Im Jahre 1841 schrieb J. Henle in seiner allgemeinen Anatomie: „Was aus den Fortsätzen der Ganglienkugeln wird, ist noch nicht ausgemacht. Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Enden, welche man sieht, frei in der Substanz der Centralorgane liegen, da sie von so unregelmässiger Gestalt und Länge sind, dass man wohl vermuthen muss, sie seien durch die Präparation zerrissen. Ebensowenig kann man sie für blosse Commissuren der Kugeln halten, wie sie in den Ganglien vorkommen; dem widerspricht die Richtung der Fortsätze in der Rinde des Gehirns, gerade nach der Seite hin, wo keine Kugeln liegen. Aus demselben Grunde widerlegt sich auch die Ansicht, die auf den ersten Blick sich aufdrängt, dass sie mit Primitivröhren zusammenhängen oder in diese übergehen."

Es sind gerade 50 Jahre verflossen, seit der grosse Meister dies schrieb, und man muss, ganz allgemein gesprochen, heute noch dasselbe Bekenntniss ablegen: „was aus den Fortsätzen der Ganglienkugeln wird, ist noch nicht ausgemacht", wenn wir es auch von manchen wissen. Und wir gebieten über ganz andere Hülfsmittel als die damaligen Mikroskopiker, denen die Färbetechnik, das Einbettungsverfahren und brauchbare Mikrotome fehlten. Immerhin haben uns aber diese Mittel zu einer ganz ansehnlichen Erweiterung unserer Kenntnisse verholfen, und gerade in der neueren Zeit sind sehr erhebliche Fortschritte in der Beantwortung der Fragen über den Verbleib der Fortsätze der Ganglienzellen in den Centralorganen und über ihren Zusammenhang mit den aus- und eintretenden vorderen und hinteren Nervenwurzeln erzielt worden. Es sollen diese Fortschritte übersichtlich hier dargelegt werden.

[1]) Nach einem Vortrage in der Berliner medicinischen Gesellschaft, Juni 1891.

9742

Zur besseren Klarstellung dessen, was neu gewonnen ist, was genauer beleuchtet wurde, mag ein Bild des Standes unseres Wissens in diesen Dingen bis zu der bekannten Veröffentlichung Golgi's in Pavia über die Centralorgane: „Studii istologici sul midollo spinale" (Rendiconti di terzo congresso freniatrico italiano tenuto in Reggio Emilia nel Settembre 1880, Archivio italiano per le malattie nervose etc. anno 18° fasc. I 1881) nebst kurzem geschichtlichen Ueberblick dienen.

Die Ganglienzellen in den Spinalganglien wurden von Ehrenberg[1]) zuerst gesehen. Richtig beschrieb sie zuerst Valentin[2]). Die Ganglienzellen im Gehirn entdeckte Purkyně.[3]) Dass die Fortsätze der Ganglienzellen z. Th. in Nervenfasern übergehen, gaben zuerst an Remak[4]) für die sympathischen Nervenfasern der Wirbelthiere, bald darauf Helmholtz[5]) in seiner Doctordissertation und Hannover[6]) für die Wirbellosen. Für die Spinalganglien lieferte Kölliker[7]) den bestimmten Nachweis eines Ursprunges dunkelrandiger markhaltiger Nervenfasern von unipolaren Ganglienzellen, als welche man lange Zeit die Spinalganglienzellen ansah. Später (1847) machten gleichzeitig Bidder, Reichert, Robin und Rud. Wagner[8]) die wichtige Entdeckung, dass die Nervenzellen in den Spinalganglien der Fische bipolar seien und nach beiden Seiten hin in eine markhaltige Nervenfaser sich fortsetzen, also gleichsam in deren Lauf eingeschaltet seien. Lange hat es gewährt, bis man — nach erheblicher Verbesserung der Untersuchungsmethoden — etwas bestimmtes über den Zusammenhang der Ganglienzellen des centralen Nervensystems beim Menschen und den höheren Wirbelthieren mit den leitenden Bahnen auszusagen vermochte. Der bahnbrechendste Schritt in dieser Beziehung geschah von Deiters in Bonn, welcher einen von R. Wagner am elektrischen Lappen des Gehirns von Torpedo gemachten Fund, den später Remak (Deutsche Klinik No. 27, 7. Juli 1855) für alle motorischen Nervenzellen als gültig hinstellte, verallgemeinerte. Deiters zufolge haben alle centralen Ganglienzellen zwei Arten von Fortsätzen: 1) Axencylinderfortsätze, welche mit dunkelrandigen Nervenfasern in Verbindung stehen,

[1]) 1833. Poggendorf's Annalen.

[2]) Ueber den Verlauf und die Enden der Nerven. Nova acta Acad. Caes. Leop. Natur. Curiosor. Vol. XVII. Bonn 1836.

[3]) Bericht über die Naturforscherversammlung in Prag 1837. Prag 1838.

[4]) Observationes anatomicae et microscopicae de systematis nervosi structura. Dissert. Berolini 1838.

[5]) De fabrica systematis nervosi evertebratorum. Berolini 1842.

[6]) Mikroskopiske Undersögelser af Nervesystemet. Kjöbenhavn 1842.

[7]) Die Selbstständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Untersuchungen bewiesen. Zürich 1844.

[8]) Bidder und Reichert, Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern, nebst einem Anhange von A. W. Volkmann. Leipzig 1847. — Robin, Ch., Mémoires sur la structure des Ganglions. L'Institut 1847 No. 687, 1848 No. 733. — R. Wagner, Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigungen der Nerven. Leipzig 1847.

indem sie in deren Axencylinder übergehen, und 2) Protoplasmafortsätze, welche sich reichlich fein verästeln, von denen aber ein Zusammenhang mit Nervenfasern nicht sicher nachzuweisen ist, und über deren Endschicksal Deiters völlig im ungewissen blieb.

Die Axencylinderfortsätze zerlegt Deiters wieder in zweierlei Formen: die groben Hauptaxencylinderfortsätze und die feineren. Von ersteren besitzt jede Zelle nur einen, von den letzteren kann sie mehrere besitzen; sie entspringen von den Protoplasmafortsätzen und gehen in die Axencylinder der feinen centralen markhaltigen Nervenfasern über. Die Axencylinderfortsätze sollen stets unverästelt sein und sich dadurch wesentlich von den Protoplasmafortsätzen unterscheiden. Deiters nahm, wie ich besonders hervorheben möchte, solche Axencylinderfortsätze sowohl für die motorischen als auch für die sensiblen Nervenwurzelfasern des Rückenmarkes und des Gehirns an. Man muss indessen bekennen, dass er in dem nach seinem 1863 erfolgten Tode von Max Schultze herausgegebenen Werke: Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere, Braunschweig 1865, einen völlig einwandfreien Nachweis des Zusammenhanges einer Ganglienzelle des Centralorganes mit einer Nervenfaser nicht erbracht hatte. Es geht die hier noch bestehen gebliebene Unsicherheit auch aus den Worten zweier unserer besten Meister in der Erforschung des centralen Nervensystems, J. v. Gerlach's und A. v. Kölliker's, hervor, von denen der letztere in seinem weltbekannten Werke: Handbuch der Gewebelehre des Menschen, fünfte Auflage 1867, sich mit grosser Vorsicht äussert, vgl. z. B. p. 277, p. 298, p. 305, 306, obwohl er schon 1849 in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. I Ursprünge von Nervenfasern auch aus Ganglienzellen des Rückenmarkes vom Frosch beschrieb und abbildete.[1]) Man muss aber gestehen, dass alle solche Funde von Ganglienzellen mit immerhin noch kurzen abgerissenen Ausläufern, wenn sie auch dunkelrandig werden, noch keinen strengen Beweis für den Uebergang eines Zellenausläufers in eine Nervenfaser liefern. v. Gerlach spricht sich noch im Jahre 1871, in dem damals erschienenen Handbuche der Gewebelehre, herausgegeben von Stricker, folgendermaassen aus p. 681: „Was die erste Frage (vom Verhalten des Nervenfortsatzes) betrifft, so war es ein entschieden glücklicher Griff von Deiters, den Nervenfortsatz der Zellen mit dem Ursprung der Rückenmarksnerven in Beziehung zu setzen. Wenn auch die Verhältnisse nicht so einfach sind, wie sich Deiters dieselben dachte, der aus den Zellen der Vorderhörner die Fasern der vorderen Wurzeln und aus den Zellen der Hinterhörner jene der hinteren Wurzeln entspringen liess, so lässt sich doch so viel mit annähernder Sicherheit sagen, dass Deiters bezüglich des Ursprungs der vorderen Wurzeln das richtige getroffen hat. Zwar gestatten die gegenwärtigen Hülfsmittel der Untersuchung

[1]) Neurologische Bemerkungen p. 135 ff. — s. Fig. 7 Tafel XI.

noch nicht, die einer vorderen Wurzel angehörige Nervenfaser direkt bis zu einer Nervenzelle zu verfolgen; allein Querschnitte des Rückenmarks mit Goldchloridkalium und Längsschnitte mit Carminammoniak behandelt, liefern bisweilen Bilder, die kaum eine andere Deutung als die von Deiters gegebene. zulassen". Weiterhin gesteht J. v. Gerlach, dass es ihm nicht gelungen sei, einen Nervenfortsatz bis zu den vorderen Wurzelfasern zu verfolgen, und dass die Ursprungsverhältnisse der hinteren Wurzelfasern noch weit schwieriger zu erforschen seien.

Das Schema, welches dann schliesslich v. Gerlach aufstellt, muss daher als ein hypothetisches bezeichnet werden. Immerhin hatte v. Gerlach in bekannter Meisterschaft die vollkommensten Isolationspräparate von Ganglienzellen geliefert, die bis dahin vorgelegen hatten, und die Axencylinderfortsätze auf die längsten Strecken isolirt; sie erregen die Bewunderung jedes Kundigen, der sie gesehen hat.

Das Gerlach'sche Schema stellt einen bestimmten Unterschied in der Ursprungsweise der vorderen und hinteren Nervenwurzeln auf. Die vorderen motorischen Wurzelfasern sollen in ihren Axencylindern einfache Fortsetzungen der Hauptaxencylinderfortsätze der grossen multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner sein, während die hinteren Wurzeln aus einem Netzwerk entspringen, in welches die sich fein verästelnden Protoplasmafortsätze der vorderen und hinteren Nervenzellen des Rückenmarkes eingehen. Nach Gerlach haben durchaus nicht alle Zellen des Rückenmarkes Nervenfortsätze; sie fehlen z. B. denen der sogen. Clarke'schen Säulen; es müssen nach ihm daher zwei „morphologisch verschiedene Arten von Nervenzellen angenommen werden, von denen die einen direkt mit den vorderen Wurzelfasern und mit dem Nervennetze der grauen Substanz, die anderen nur mit dem letzteren in Verbindung stehen."

In seiner Einfachheit und Klarheit wirkte das v. Gerlach'sche Schema bestechend und hat auch bis in die neueste Zeit hinein weitverbreiteten Anhang gehabt; wir werden sehen, dass es durch die neueren Forschungen bis zu einem gewissen Grade bestätigt wurde.

Den Nachfolgern Gerlach's, soweit sie mit denselben Hülfsmitteln arbeiteten, ist es ebenfalls nicht gelungen, einen ganz unanfechtbaren Beweis von dem Uebergange eines Axencylinderfortsatzes einer Ganglienzelle in eine markhaltige Nervenfaser zu erbringen. Alle die Präparate, die das erreichen sollten — ich nenne z. B. die in den Abbildungen von Schiefferdecker[1]) und von dem vor kurzem verstorbenen Beisso[2]) in Genua wiedergegebenen, zeigen einzig, dass die Fortsätze auf Schnitten eine Strecke weit in ein

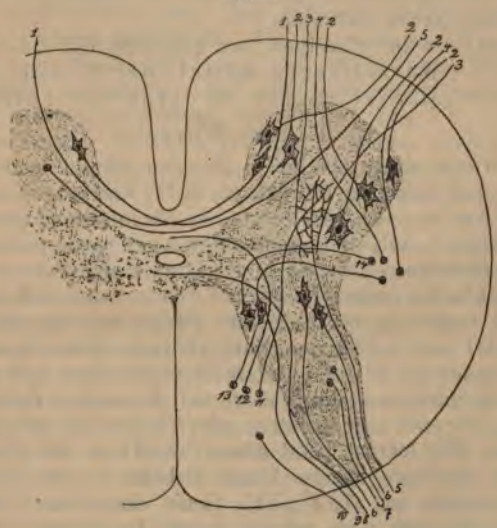
[1]) Archiv f. mikroskopische Anatomie 1874, Bd. X, p. 471: Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmarke.

[2]) Del midollo spinale. Genova 1873.

austretendes vorderes Wurzelbündel verfolgt wurden; das macht die Sache nur wahrscheinlich, nicht sicher. Mehr kann man auch von der Ranvier'schen Abbildung[1]) nicht sagen, wenigstens was den Uebergang in eine vordere Wurzelfaser betrifft, denn da, wo der Axencylinder in diese eintreten sollte, bricht er in der Abbildung ab. Doch soll hervorgehoben werden, dass Ranvier genau den Punkt im Verlaufe des Axencylinderfortsatzes angeben kann, wo derselbe eine Markscheide erhält, sodass also wenigstens sein Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser sicher ist, die zudem noch die Richtung gegen die vordere Wurzel einschlägt.

Mit der Einführung des von C. Weigert in die Technik eingeführten Beizfärbeverfahrens ist der Zusammenhang der Axencylinderfortsätze von Vorderhornzellen mit den Axencylindern der austretenden vorderen Wurzelfasern leicht zu erbringen und von allen Untersuchern auch dargethan worden, sodass die Kenntniss dieses Zusammenhanges seit dieser Zeit als ein gesicherter Erwerb angesehen werden konnte. Weniger sicher blieb unser Wissen von dem Verhalten der hinteren Wurzelfasern und den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, sowie von den Verhältnissen im Gehirn.

Fig. 1.



Fasst man übersichtlich zusammen, was für das Rückenmark als am meisten geltende Meinung vorgetragen wurde, so lässt sich folgendes aufstellen (siehe die schematische Figur 1):

[1]) Traité technique d'Histologie, p. 1060, Fig. 360.

noch nicht, die einer vorderen Wurzel angehörige Nervenfaser direkt bis zu einer Nervenzelle zu verfolgen; allein Querschnitte des Rückenmarks mit Goldchloridkalium und Längsschnitte mit Carminammoniak behandelt, liefern bisweilen Bilder, die kaum eine andere Deutung als die von Deiters gegebene. zulassen". Weiterhin gesteht J. v. Gerlach, dass es ihm nicht gelungen sei, einen Nervenfortsatz bis zu den vorderen Wurzelfasern zu verfolgen, und dass die Ursprungsverhältnisse der hinteren Wurzelfasern noch weit schwieriger zu erforschen seien.

Das Schema, welches dann schliesslich v. Gerlach aufstellt, muss daher als ein hypothetisches bezeichnet werden. Immerhin hatte v. Gerlach in bekannter Meisterschaft die vollkommensten Isolationspräparate von Ganglienzellen geliefert, die bis dahin vorgelegen hatten, und die Axencylinderfortsätze auf die längsten Strecken isolirt; sie erregen die Bewunderung jedes Kundigen, der sie gesehen hat.

Das Gerlach'sche Schema stellt einen bestimmten Unterschied in der Ursprungsweise der vorderen und hinteren Nervenwurzeln auf. Die vorderen motorischen Wurzelfasern sollen in ihren Axencylindern einfache Fortsetzungen der Hauptaxencylinderfortsätze der grossen multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner sein, während die hinteren Wurzeln aus einem Netzwerk entspringen, in welches die sich fein verästelnden Protoplasmafortsätze der vorderen und hinteren Nervenzellen des Rückenmarkes eingehen. Nach Gerlach haben durchaus nicht alle Zellen des Rückenmarkes Nervenfortsätze; sie fehlen z. B. denen der sogen. Clarke'schen Säulen; es müssen nach ihm daher zwei „morphologisch verschiedene Arten von Nervenzellen angenommen werden, von denen die einen direkt mit den vorderen Wurzelfasern und mit dem Nervennetze der grauen Substanz, die anderen nur mit dem letzteren in Verbindung stehen."

In seiner Einfachheit und Klarheit wirkte das v. Gerlach'sche Schema bestechend und hat auch bis in die neueste Zeit hinein weitverbreiteten Anhang gehabt; wir werden sehen, dass es durch die neueren Forschungen bis zu einem gewissen Grade bestätigt wurde.

Den Nachfolgern Gerlach's, soweit sie mit denselben Hülfsmitteln arbeiteten, ist es ebenfalls nicht gelungen, einen ganz unanfechtbaren Beweis von dem Uebergange eines Axencylinderfortsatzes einer Ganglienzelle in eine markhaltige Nervenfaser zu erbringen. Alle die Präparate, die das erreichen sollten — ich nenne z. B. die in den Abbildungen von Schiefferdecker[1]) und von dem vor kurzem verstorbenen Beisso[2]) in Genua wiedergegebenen, zeigen einzig, dass die Fortsätze auf Schnitten eine Strecke weit in ein

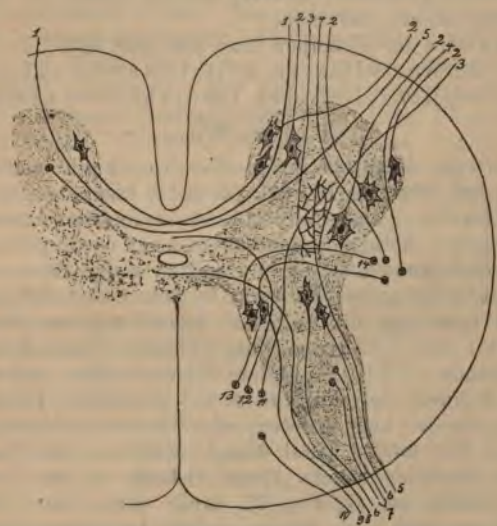
[1]) Archiv f. mikroskopische Anatomie 1874, Bd. X, p. 471: Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmarke.

[2]) Del midollo spinale. Genova 1873.

austretendes vorderes Wurzelbündel verfolgt wurden; das macht die Sache nur wahrscheinlich, nicht sicher. Mehr kann man auch von der Ranvier'schen Abbildung[1]) nicht sagen, wenigstens was den Uebergang in eine vordere Wurzelfaser betrifft, denn da, wo der Axencylinder in diese eintreten sollte, bricht er in der Abbildung ab. Doch soll hervorgehoben werden, dass Ranvier genau den Punkt im Verlaufe des Axencylinderfortsatzes angeben kann, wo derselbe eine Markscheide erhält, sodass also wenigstens sein Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser sicher ist, die zudem noch die Richtung gegen die vordere Wurzel einschlägt.

Mit der Einführung des von C. Weigert in die Technik eingeführten Beizfärbeverfahrens ist der Zusammenhang der Axencylinderfortsätze von Vorderhornzellen mit den Axencylindern der austretenden vorderen Wurzelfasern leicht zu erbringen und von allen Untersuchern auch dargethan worden, sodass die Kenntniss dieses Zusammenhanges seit dieser Zeit als ein gesicherter Erwerb angesehen werden konnte. Weniger sicher blieb unser Wissen von dem Verhalten der hinteren Wurzelfasern und den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, sowie von den Verhältnissen im Gehirn.

Fig. 1.



Fasst man übersichtlich zusammen, was für das Rückenmark als am meisten geltende Meinung vorgetragen wurde, so lässt sich folgendes aufstellen (siehe die schematische Figur 1):

[1]) Traité technique d'Histologie, p. 1060, Fig. 360.

noch nicht, die einer vorderen Wurzel angehörige Nervenfaser direkt bis zu einer Nervenzelle zu verfolgen; allein Querschnitte des Rückenmarks mit Goldchloridkalium und Längsschnitte mit Carminammoniak behandelt, liefern bisweilen Bilder, die kaum eine andere Deutung als die von Deiters gegebene. zulassen". Weiterhin gesteht J. v. Gerlach, dass es ihm nicht gelungen sei, einen Nervenfortsatz bis zu den vorderen Wurzelfasern zu verfolgen, und dass die Ursprungsverhältnisse der hinteren Wurzelfasern noch weit schwieriger zu erforschen seien.

Das Schema, welches dann schliesslich v. Gerlach aufstellt, muss daher als ein hypothetisches bezeichnet werden. Immerhin hatte v. Gerlach in bekannter Meisterschaft die vollkommensten Isolationspräparate von Ganglienzellen geliefert, die bis dahin vorgelegen hatten, und die Axencylinderfortsätze auf die längsten Strecken isolirt; sie erregen die Bewunderung jedes Kundigen, der sie gesehen hat.

Das Gerlach'sche Schema stellt einen bestimmten Unterschied in der Ursprungsweise der vorderen und hinteren Nervenwurzeln auf. Die vorderen motorischen Wurzelfasern sollen in ihren Axencylindern einfache Fortsetzungen der Hauptaxencylinderfortsätze der grossen multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner sein, während die hinteren Wurzeln aus einem Netzwerk entspringen, in welches die sich fein verästelnden Protoplasmafortsätze der vorderen und hinteren Nervenzellen des Rückenmarkes eingehen. Nach Gerlach haben durchaus nicht alle Zellen des Rückenmarkes Nervenfortsätze; sie fehlen z. B. denen der sogen. Clarke'schen Säulen; es müssen nach ihm daher zwei „morphologisch verschiedene Arten von Nervenzellen angenommen werden, von denen die einen direkt mit den vorderen Wurzelfasern und mit dem Nervennetze der grauen Substanz, die anderen nur mit dem letzteren in Verbindung stehen."

In seiner Einfachheit und Klarheit wirkte das v. Gerlach'sche Schema bestechend und hat auch bis in die neueste Zeit hinein weitverbreiteten Anhang gehabt; wir werden sehen, dass es durch die neueren Forschungen bis zu einem gewissen Grade bestätigt wurde.

Den Nachfolgern Gerlach's, soweit sie mit denselben Hülfsmitteln arbeiteten, ist es ebenfalls nicht gelungen, einen ganz unanfechtbaren Beweis von dem Uebergange eines Axencylinderfortsatzes einer Ganglienzelle in eine markhaltige Nervenfaser zu erbringen. Alle die Präparate, die das erreichen sollten — ich nenne z. B. die in den Abbildungen von Schiefferdecker[1]) und von dem vor kurzem verstorbenen Beisso[2]) in Genua wiedergegebenen, zeigen einzig, dass die Fortsätze auf Schnitten eine Strecke weit in ein

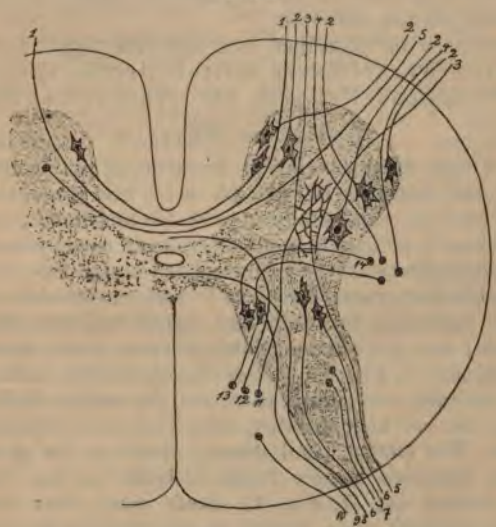
[1]) Archiv f. mikroskopische Anatomie 1874, Bd. X, p. 471: Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmarke.

[2]) Del midollo spinale. Genova 1873.

austretendes vorderes Wurzelbündel verfolgt wurden; das macht die Sache nur wahrscheinlich, nicht sicher. Mehr kann man auch von der Ranvier'schen Abbildung[1]) nicht sagen, wenigstens was den Uebergang in eine vordere Wurzelfaser betrifft, denn da, wo der Axencylinder in diese eintreten sollte, bricht er in der Abbildung ab. Doch soll hervorgehoben werden, dass Ranvier genau den Punkt im Verlaufe des Axencylinderfortsatzes angeben kann, wo derselbe eine Markscheide erhält, sodass also wenigstens sein Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser sicher ist, die zudem noch die Richtung gegen die vordere Wurzel einschlägt.

Mit der Einführung des von C. Weigert in die Technik eingeführten Beizfärbeverfahrens ist der Zusammenhang der Axencylinderfortsätze von Vorderhornzellen mit den Axencylindern der austretenden vorderen Wurzelfasern leicht zu erbringen und von allen Untersuchern auch dargethan worden, sodass die Kenntniss dieses Zusammenhanges seit dieser Zeit als ein gesicherter Erwerb angesehen werden konnte. Weniger sicher blieb unser Wissen von dem Verhalten der hinteren Wurzelfasern und den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, sowie von den Verhältnissen im Gehirn.

Fig. 1.



Fasst man übersichtlich zusammen, was für das Rückenmark als am meisten geltende Meinung vorgetragen wurde, so lässt sich folgendes aufstellen (siehe die schematische Figur 1):

[1]) Traité technique d'Histologie, p. 1060, Fig. 360.

noch nicht, die einer vorderen Wurzel angehörige Nervenfaser direkt bis zu einer Nervenzelle zu verfolgen; allein Querschnitte des Rückenmarks mit Goldchloridkalium und Längsschnitte mit Carminammoniak behandelt, liefern bisweilen Bilder, die kaum eine andere Deutung als die von Deiters gegebene. zulassen". Weiterhin gesteht J. v. Gerlach, dass es ihm nicht gelungen sei, einen Nervenfortsatz bis zu den vorderen Wurzelfasern zu verfolgen, und dass die Ursprungsverhältnisse der hinteren Wurzelfasern noch weit schwieriger zu erforschen seien.

Das Schema, welches dann schliesslich v. Gerlach aufstellt, muss daher als ein hypothetisches bezeichnet werden. Immerhin hatte v. Gerlach in bekannter Meisterschaft die vollkommensten Isolationspräparate von Ganglienzellen geliefert, die bis dahin vorgelegen hatten, und die Axencylinderfortsätze auf die längsten Strecken isolirt; sie erregen die Bewunderung jedes Kundigen, der sie gesehen hat.

Das Gerlach'sche Schema stellt einen bestimmten Unterschied in der Ursprungsweise der vorderen und hinteren Nervenwurzeln auf. Die vorderen motorischen Wurzelfasern sollen in ihren Axencylindern einfache Fortsetzungen der Hauptaxencylinderfortsätze der grossen multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner sein, während die hinteren Wurzeln aus einem Netzwerk entspringen, in welches die sich fein verästelnden Protoplasmafortsätze der vorderen und hinteren Nervenzellen des Rückenmarkes eingehen. Nach Gerlach haben durchaus nicht alle Zellen des Rückenmarkes Nervenfortsätze; sie fehlen z. B. denen der sogen. Clarke'schen Säulen; es müssen nach ihm daher zwei „morphologisch verschiedene Arten von Nervenzellen angenommen werden, von denen die einen direkt mit den vorderen Wurzelfasern und mit dem Nervennetze der grauen Substanz, die anderen nur mit dem letzteren in Verbindung stehen."

In seiner Einfachheit und Klarheit wirkte das v. Gerlach'sche Schema bestechend und hat auch bis in die neueste Zeit hinein weitverbreiteten Anhang gehabt; wir werden sehen, dass es durch die neueren Forschungen bis zu einem gewissen Grade bestätigt wurde.

Den Nachfolgern Gerlach's, soweit sie mit denselben Hülfsmitteln arbeiteten, ist es ebenfalls nicht gelungen, einen ganz unanfechtbaren Beweis von dem Uebergange eines Axencylinderfortsatzes einer Ganglienzelle in eine markhaltige Nervenfaser zu erbringen. Alle die Präparate, die das erreichen sollten — ich nenne z. B. die in den Abbildungen von Schiefferdecker[1]) und von dem vor kurzem verstorbenen Beisso[2]) in Genua wiedergegebenen, zeigen einzig, dass die Fortsätze auf Schnitten eine Strecke weit in ein

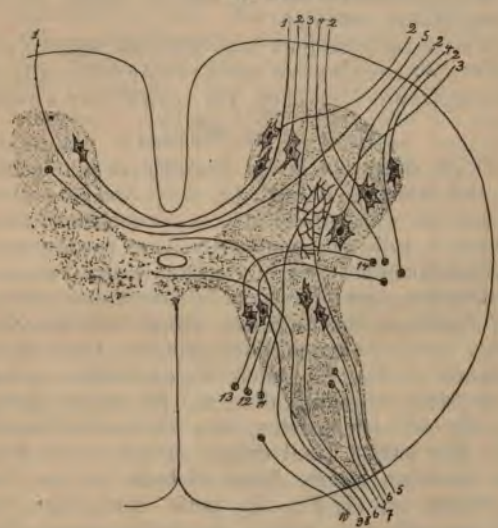
[1]) Archiv f. mikroskopische Anatomie 1874, Bd. X, p. 471: Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmarke.

[2]) Del midollo spinale. Genova 1873.

austretendes vorderes Wurzelbündel verfolgt wurden; das macht die Sache nur wahrscheinlich, nicht sicher. Mehr kann man auch von der Ranvier'schen Abbildung[1]) nicht sagen, wenigstens was den Uebergang in eine vordere Wurzelfaser betrifft, denn da, wo der Axencylinder in diese eintreten sollte, bricht er in der Abbildung ab. Doch soll hervorgehoben werden, dass Ranvier genau den Punkt im Verlaufe des Axencylinderfortsatzes angeben kann, wo derselbe eine Markscheide erhält, sodass also wenigstens sein Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser sicher ist, die zudem noch die Richtung gegen die vordere Wurzel einschlägt.

Mit der Einführung des von C. Weigert in die Technik eingeführten Beizfärbeverfahrens ist der Zusammenhang der Axencylinderfortsätze von Vorderhornzellen mit den Axencylindern der austretenden vorderen Wurzelfasern leicht zu erbringen und von allen Untersuchern auch dargethan worden, sodass die Kenntniss dieses Zusammenhanges seit dieser Zeit als ein gesicherter Erwerb angesehen werden konnte. Weniger sicher blieb unser Wissen von dem Verhalten der hinteren Wurzelfasern und den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, sowie von den Verhältnissen im Gehirn.

Fig. 1.



Fasst man übersichtlich zusammen, was für das Rückenmark als am meisten geltende Meinung vorgetragen wurde, so lässt sich folgendes aufstellen (siehe die schematische Figur 1):

[1]) Traité technique d'Histologie, p. 1060, Fig. 360.

noch nicht, die einer vorderen Wurzel angehörige Nervenfaser direkt bis zu einer Nervenzelle zu verfolgen; allein Querschnitte des Rückenmarks mit Goldchloridkalium und Längsschnitte mit Carminammoniak behandelt, liefern bisweilen Bilder, die kaum eine andere Deutung als die von Deiters gegebene. zulassen". Weiterhin gesteht J. v. Gerlach, dass es ihm nicht gelungen sei, einen Nervenfortsatz bis zu den vorderen Wurzelfasern zu verfolgen, und dass die Ursprungsverhältnisse der hinteren Wurzelfasern noch weit schwieriger zu erforschen seien.

Das Schema, welches dann schliesslich v. Gerlach aufstellt, muss daher als ein hypothetisches bezeichnet werden. Immerhin hatte v. Gerlach in bekannter Meisterschaft die vollkommensten Isolationspräparate von Ganglienzellen geliefert, die bis dahin vorgelegen hatten, und die Axencylinderfortsätze auf die längsten Strecken isolirt; sie erregen die Bewunderung jedes Kundigen, der sie gesehen hat.

Das Gerlach'sche Schema stellt einen bestimmten Unterschied in der Ursprungsweise der vorderen und hinteren Nervenwurzeln auf. Die vorderen motorischen Wurzelfasern sollen in ihren Axencylindern einfache Fortsetzungen der Hauptaxencylinderfortsätze der grossen multipolaren Ganglienzellen der Vorderhörner sein, während die hinteren Wurzeln aus einem Netzwerk entspringen, in welches die sich fein verästelnden Protoplasmafortsätze der vorderen und hinteren Nervenzellen des Rückenmarkes eingehen. Nach Gerlach haben durchaus nicht alle Zellen des Rückenmarkes Nervenfortsätze; sie fehlen z. B. denen der sogen. Clarke'schen Säulen; es müssen nach ihm daher zwei „morphologisch verschiedene Arten von Nervenzellen angenommen werden, von denen die einen direkt mit den vorderen Wurzelfasern und mit dem Nervennetze der grauen Substanz, die anderen nur mit dem letzteren in Verbindung stehen."

In seiner Einfachheit und Klarheit wirkte das v. Gerlach'sche Schema bestechend und hat auch bis in die neueste Zeit hinein weitverbreiteten Anhang gehabt; wir werden sehen, dass es durch die neueren Forschungen bis zu einem gewissen Grade bestätigt wurde.

Den Nachfolgern Gerlach's, soweit sie mit denselben Hülfsmitteln arbeiteten, ist es ebenfalls nicht gelungen, einen ganz unanfechtbaren Beweis von dem Uebergange eines Axencylinderfortsatzes einer Ganglienzelle in eine markhaltige Nervenfaser zu erbringen. Alle die Präparate, die das erreichen sollten — ich nenne z. B. die in den Abbildungen von Schiefferdecker[1]) und von dem vor kurzem verstorbenen Beisso[2]) in Genua wiedergegebenen, zeigen einzig, dass die Fortsätze auf Schnitten eine Strecke weit in ein

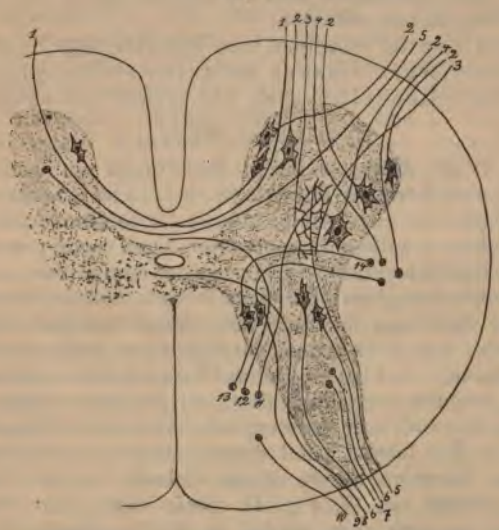
[1]) Archiv f. mikroskopische Anatomie 1874, Bd. X, p. 471: Beiträge zur Kenntniss des Faserverlaufs im Rückenmarke.

[2]) Del midollo spinale. Genova 1873.

austretendes vorderes Wurzelbündel verfolgt wurden; das macht die Sache nur wahrscheinlich, nicht sicher. Mehr kann man auch von der Ranvier'schen Abbildung[1]) nicht sagen, wenigstens was den Uebergang in eine vordere Wurzelfaser betrifft, denn da, wo der Axencylinder in diese eintreten sollte, bricht er in der Abbildung ab. Doch soll hervorgehoben werden, dass Ranvier genau den Punkt im Verlaufe des Axencylinderfortsatzes angeben kann, wo derselbe eine Markscheide erhält, sodass also wenigstens sein Uebergang in eine markhaltige Nervenfaser sicher ist, die zudem noch die Richtung gegen die vordere Wurzel einschlägt.

Mit der Einführung des von C. Weigert in die Technik eingeführten Beizfärbeverfahrens ist der Zusammenhang der Axencylinderfortsätze von Vorderhornzellen mit den Axencylindern der austretenden vorderen Wurzelfasern leicht zu erbringen und von allen Untersuchern auch dargethan worden, sodass die Kenntniss dieses Zusammenhanges seit dieser Zeit als ein gesicherter Erwerb angesehen werden konnte. Weniger sicher blieb unser Wissen von dem Verhalten der hinteren Wurzelfasern und den Protoplasmafortsätzen der Ganglienzellen, sowie von den Verhältnissen im Gehirn.

Fig. 1.



Fasst man übersichtlich zusammen, was für das Rückenmark als am meisten geltende Meinung vorgetragen wurde, so lässt sich folgendes aufstellen (siehe die schematische Figur 1):

[1]) Traité technique d'Histologie, p. 1060, Fig. 360.

I. Vordere Wurzeln.

a) Ein Theil der Axencylinder der vorderen Wurzelfasern verbindet sich auf dem Wege der Axencylinderfortsätze mit den Ganglienzellen der Vorderhörner, sowohl mit denen der medialen, als mit denen der lateralen Gruppe (2, 2, 2, 2, 2 in Fig. 1).

b) Ein anderer Theil tritt durch die graue Substanz hindurch, ohne Verbindung mit den Nervenzellen zu suchen, und geht in die Seitenstränge über, um dort longitudinal weiter zu verlaufen (4, 4, in Fig. 1.)

c) Ein anderer Theil verläuft zu den Hinterhörnern (3, 3, in Fig. 1).

d) Ein letzter Theil endlich zieht auf dem Wege der vorderen Commissur zu den Ganglienzellen des Vorderhorns der anderen Seite [Kreuzungsfasern] (1, 1, in Fig. 1).

Dass hier eine Verbindung mit den Axencylinderfortsätzen der contralateralen Ganglienzellen in Wahrheit bestand, war nur angenommen, durch kein Präparat jedoch bewiesen. Die unter b) genannten Wurzelfasern zu den Seitensträngen liess man in diesen aufsteigend zum Gehirn verlaufen. Ueber den Verbleib der unter c) aufgeführten Faserantheile war nichts bestimmtes bekannt; Gerlach hatte sich dahin geäussert, dass sie mit den Zellen der Hinterhörner in Verbindung stehen möchten.

So stand also im einzelnen nur dies eine fest, dass ein Theil der vorderen Wurzelfasern mittels der Ganglienfortsätze von den Ganglienzellen der Vorderhörner entspringe.

II. Hintere Wurzeln.

Man zerlegte diese bei ihrem Eintritte in ein mediales (6, 8, 9, 10, Fig. 1) und laterales Bündel (5, 6, 7, Fig. 1). Das kleinere laterale Bündel — so schilderten es die meisten Autoren und fast alle Lehrbücher — solle am sogenannten Apex cornu posterioris direkt in die graue Substanz eintreten, hier sollten einige Fasern ihren horizontalen Lauf in der grauen Substanz fortsetzen und sich in dieser verlieren, ohne dass man ihr Ende mit irgend welcher Sicherheit angeben konnte; nur bis zu den Vorderhörnern hatte man sie z. Th. verfolgen können (5, Fig. 1); andere Fasern sollten sich zur hinteren Commissur wenden und durch diese auf die andere Seite übergehen (8, Fig. 1); wie sie hier endeten, oder sich weiter fortsetzten, blieb unbestimmt. Ein letzter Theil dieser direkt in die graue Substanz eintretenden lateralen Fasern biege alsbald in die Längsrichtung auf- oder abwärts um (7, Fig. 1), laufe dann eine Strecke weit longitudinal, um aufs neue wieder in die horizontale Richtung einzulenken und in der grauen Substanz sich in noch unbekannter Weise zu verlieren.

Das stärkere mediale Bündel der hinteren Wurzeln tritt in den weissen Hinterstrang, und zwar in die als Burdach'scher Strang bekannte Abtheilung ein, und seine Fasern biegen dort in die Längsrichtung um (10, Fig. 1). Ein Theil soll bis zu den grauen Kernen

des verlängerten Markes weiterziehen, ein anderer nach kürzerem oder längerem longitudinalen Laufe zum grauen Hinterhorn wieder quer einbiegen (11, 12, 13, Fig. 1). Ueber ihr Endschicksal hier besteht dieselbe Ungewissheit wie über das Verhalten der Fasern des lateralen Bündels. Man lässt theils die Fasern mit Axencylinderfortsätzen der Zellen der Hinterhörner in Verbindung treten (6, 6, Fig. 1), theils zur vorderen weissen Commissur ziehen, um hier zur anderen Seite zu gelangen (12, Fig. 1), theils sich in der grauen Substanz des gleichseitigen Vorderhorns vertheilen (5, 11, Fig. 1), endlich in die sogenannten Clarke'schen Säulen eintreten (9, Fig. 1). Bestimmte Angaben über das eigentliche Ende dieser Fasern oder über ihre weiteren Verbindungen, die durch Präparate oder getreue Abbildungen von solchen unantastbar gestützt wären, liegen nicht vor. Ob die Fasern mit den Zellen der Stilling'schen Dorsalkerne (Clarke'schen Säulen) in Verbindung treten, bleibt ungewiss; die Axencylinderfortsätze dieser letztgenannten Zellen wenden sich lateralwärts zum sogenannten Kleinhirnseitenstrange (14, Fig. 1), werden zu markhaltigen Nervenfasern, die in diesem Strange zum Kleinhirnwurme aufwärts streben. Vom Schicksal der Protoplasmafortsätze kann nichts genaues angegeben werden.

So standen etwa unsere Kenntnisse von den Verbindungen zwischen Ganglienzellen und Nervenfasern im Rückenmarke im Anfange des vorigen Jahrzehnts. Die beigegebene Figur (1), welche in schematischer Weise das eben aufgezählte veranschaulicht, ist dem trefflichen Lehrbuche der Anatomie von Quain-Sharpey entlehnt — in neunter Auflage 1882 von Allen Thomson, Edw. Alb. Schaefer und George Dancer Thane besorgt. (Gegenwärtig ist die 10. Auflage im Erscheinen begriffen).

Was im genannten Jahre über die feinere Anatomie der Medulla oblongata bekannt war, liefert bezüglich des Verhaltens der Ganglienzellen zu den Nervenfasern und insbesondere zu den Wurzelfasern der austretenden spinalartigen Hirnnerven nichts anderes, als was soeben vom Rückenmarke hingestellt wurde. Ebensowenig bestimmte Aufschlüsse bezüglich dieser Dinge erfahren wir aus der feineren Anatomie des kleinen Gehirns. Die Gestaltung und Verästelung der Purkyně'schen grossen Nervenkörper war zwar seit langem bekannt, doch liefen die verschiedensten Auffassungen bezüglich ihres Verhaltens zu den Nervenfasern und zu den übrigen Zellen der Kleinhirnrinde um. Man hielt den centralen Fortsatz der Purkyně'schen Zellen für einen ungetheilt verlaufenden Axencylinderfortsatz; wie wenig sicher aber die Meinung bezüglich seines Ueberganges in den Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser noch war, geht z. B. aus der Fassung im eben genannten Quain'schen Handbuche hervor. Bestimmter äussert sich Schwalbe (Neurologie p. 687), welcher die Meinung von Deiters (l. c.) und Koschewnikoff zur seinigen macht, dass in der That der centrale Fortsatz zum Axencylinderfortsatz einer markhaltigen Nervenfaser werde und ungetheilt verlaufe. (Siehe Koschewnikoff im Arch.

f. mikrosk. Anat. Bd. V p. 332.) Daneben findet aber auch die Boll'sche Angabe Platz, dass auch aus den peripheren Fortsätzen der genannten Zellen, die von Deiters als Protoplasmafortsätze gedeutet wurden, markhaltige Nervenfasern sich entwickeln sollten, so dass — entsprechend der Vorstellung J. v. Gerlach's fürs Rückenmark — jede Purkyně'sche Zelle mehreren Nervenfasern zum Centrum diente. Unsicher blieb auch die Deutung der Zellen in der sogenannten Körnerschicht des Kleinhirns, wenngleich Denissenko schon 1877[1]) mit guten Gründen dafür eingetreten war, dass ein Theil der Zellen dieser Schicht nervöser Art seien. Ich hatte sie früher im Anschlusse an J. v. Gerlach sämmtlich für Nervenzellen erklärt und aus ihren Ausläufern die Axencylinder der Nervenfasern sich zusammensetzen lassen.[2])

Für die Grosshirnrinde lauten die das hier abzuhandelnde Thema besprechenden Abhandlungen ähnlich wie für die Kleinhirnrinde. Genauer bekannt waren zu der hier als Ausgangspunkt genommenen Zeit (1880) nur die grossen sogenannten Pyramidenzellen, von den übrigen sehr zahlreichen, in verschiedenen Formen auftretenden Zellen der Grosshirnrinde war ein Zusammenhang mit anderen Elementen nur vermuthet; es bestand keinerlei bestimmte Angabe. An den Pyramidenzellen will Koschewnikoff den Axencylinderfortsatz nachgewiesen haben (Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. V p. 374). Er fand, entsprechend der Vermuthung Meynert's, dass es der mittlere Basalfortsatz sei, nicht der Spitzenfortsatz, den Rud. Arndt kurz vorher für den Axencylinderfortsatz gehalten hatte. Aber es ist zu bedenken, dass Koschewnikoff, ungeachtet vielen Suchens, nur eine einzige Zelle fand, an der er den betreffenden Fortsatz in eine Markhülle übergehen sah, und ferner, dass die Abbildung dieser Uebergangsstelle allerlei Bedenken Raum lässt.

Dieselben Verhältnisse wie beim Kleinhirn, nehmen J. v. Gerlach und Boll[3]) auch beim Grosshirn an; es sollen nämlich die Protoplasmafortsätze der Pyramidenzellen ein feines Netzwerk bilden, aus dem abermals markhaltige Nervenfasern hervorgehen. Wir würden also schliesslich überall das von J. v. Gerlach für das Rückenmark aufgestellte Schema des Ursprungs der Nervenfasern treffen.

An der Erzielung eines Fortschrittes in der Erkenntniss naturwissenschaftlicher Dinge haben von jeher die Verbesserungen der

---

[1]) Denissenko, G., Zur Frage über den Bau der Kleinhirnrinde bei verschiedenen Classen von Wirbelthieren. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 14 p. 203. 1877.

[2]) Waldeyer, W., Untersuchungen über den Ursprung und den Verlauf des Axencylinders bei Wirbellosen und Wirbelthieren, sowie über dessen Endverhalten in der quergestreiften Muskelfaser. Zeitschrift f. rationelle Medic. III. Reihe Bd. 20 p. 193. 1863.

[3]) F. Boll, Die Histologie und Histogenese der nervösen Centralorgane. Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. IV, 1874.

Untersuchungsmethoden einen hervorragenden Antheil gehabt. Deshalb mögen hier diejenigen technischen Hülfsmittel, die uns am meisten in der Aufdeckung des Baues des Centralnervensystems gefördert haben, noch kurz erwähnt sein. Der erste namhafte Fortschritt wurde mit der Begründung der mikroskopischen Färberei durch J. v. Gerlach (Carminfärbung) gegeben 1858.[1]) Es folgten die Einführung der Ueberosmiumsäure durch Max Schultze, das Beizfärbeverfahren durch C. Weigert, dann die Untersuchungsmethoden von Golgi und S. Ramón y Cajal, sowie die Färbung in vivo mittels Methylenblau durch P. Ehrlich, welches Verfahren wir wohl als einen der bedeutendsten Fortschritte in unseren Untersuchungsmethoden bezeichnen dürfen.

Nicht vergessen sollen werden die verbesserten Härtungs- und Einbettungsverfahren — ich meine die Einführung der Chromsäure durch A. Hannover, die Einbettungen in Paraffin (Klebs, His, — s. Klebs im Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. V) und in Celloidin (Merkel und Schiefferdecker), der Einschluss der gefärbten Präparate, nach Entwässerung und Klärung in flüchtigen Oelen, in Balsame durch Lockhart Clarke und Reissner. — Die Befeuchtung des schneidenden Messers mit Alkohol, welche meines Wissens Benedikt Stilling zuerst geübt und empfohlen hat, und die Verbesserung der Mikrotome dürfen gleicherweise ihren Antheil an wirkungsvoller Hebung unserer Kenntnisse vom Centralnervensystem in Anspruch nehmen.

Diejenigen Arbeiten nun, welche im wesentlichen seit 1882 unser Wissen auf dem in Rede stehenden Gebiete gefördert haben, sind die von Camillo Golgi in Pavia, Santiago Ramón y Cajal in Barcelona, Wilhelm His in Leipzig, Albert v. Kölliker in Würzburg und Gustaf Retzius in Stockholm.

Golgi[2]) gelangt mit einem Verfahren, welches im wesentlichen

[1]) J. v. Gerlach, Mikroskopische Studien aus dem Gebiete der menschlichen Morphologie, Erlangen, 1858. (Vorwort und I. Artikel: Beiträge zur Structurlehre der Windungen des Kleinhirns.)

[2]) 1) l. c., ferner: 2) Sulla origine centrale dei nervi. Atti del IX. Congresso medico tenuto in Genova 1880 Settembre. — v. a. Giornale internazionale delle Scienze mediche III. 1881. 3) La cellula nervosa motrice. Atti del IV. Congresso freniatrico italiano tenuto in Voghera, Settembre 1883. Separatdruck: Milano 1884. 4) Recherches sur l'histologie des Centres nerveux. Archives italiennes de Biologie. T. III et IV, 1883. 5) Sulla fina Anatomia degli Organi centrali del Sistema nervoso, Milano 1885/1886. 6) Una Parola dell Anatomia a proposito di una questione di Fisiologia Clinica. Gazetta degli ospedali, Milano 1882. 6) Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales. Archives italiennes de Biologie, T. II. 1882. 8) Bemerkungen zu dem Kapitel: „Cellule gangliari" der italienischen Uebersetzung des Schenk'schen Lehrbuches der Histologie von A. Monti, p. 92. 9) Ueber den feineren Bau des Rückenmarks. Anatomischer Anzeiger 1890, No. 13 u. 14 und No. 15. 10) La rete nervosa diffusa degli organi centrali del sistema nervoso. Suo significato fisiologico. Rendiconti dell' R. Istituto Lombardo di Sc. e Lettere. Ser. 2 Vol. 24, Fasc. 8 e 9, Milano, 1891.

auf einer Imprägnation beruht — anfangs benutzte er eine Sublimatimprägnation, dann die Bildung von Niederschlägen chromsauren Silbers, und neuerdings härtet er in einem Gemisch von 8 Theilen einer 2 proc. Kaliumbichromatlösung mit 1 Thl. einer 1 proc. Ueberosmiumsäurelösung und überträgt dann die Stücke in eine $^1/_2$—1 proc. Lösung von salpetersaurem Silberoxyd für 2 Tage, dann in etwa 40—50 proc. Alkohol; man bettet in Celloidin ein und schneidet sosofort nach Erzielung der Schnittfähigkeit; die Schnitte werden ohne Deckglas in Canadabalsam eingedeckt — zu folgenden Ergebnissen:

Vor allem müssen zwei Arten von Nervenzellen unterschieden werden, die Golgi mit den Namen: Zellen des Typus I und Typus II bezeichnet. Die des Typus I zeigen einen Axencylinderfortsatz — Nervenfortsatz, wie ich ihn, den neueren Autoren folgend, fortan nennen will[1]) — und Protoplasmafortsätze; letztere verzweigen sich alsbald reichlich in der seit langem bekannten und insbesondere von Deiters und J. v. Gerlach geschilderten Weise; der Nervenfortsatz, den alle Autoren bislang für unverästelt hielten, giebt auch Seitenzweige ab, jedoch in geringer Zahl, ohne dabei seine Individualität aufzugeben, und wird schliesslich zum Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser. Es ist dieser Nachweis der Seitenzweige des Nervenfortsatzes eine der bedeutendsten Entdeckungen Golgi's. Ich gestatte mir hier einzuschalten, dass ich bereits 1863 die Verästelung des centralen Fortsatzes der Purkyně'schen Zellen, der später immer als unverästelt hingestellt wurde, mit Bestimmtheit gesehen und in meiner vorhin citirten Arbeit auch erwähnt habe. Dieser Fortsatz ist aber ein Nervenfortsatz.

Die Seitenzweige des Nervenfortsatzes gehen nun nach Golgi in ein Netzwerk nervöser Fasern über, welches wesentlich von den Nervenfortsätzen der Zellen des Typus II gebildet wird. Die Zellen des Typus II haben Protoplasmafortsätze und Nervenfortsätze; letztere verzweigen sich indessen reichlich, ohne die graue Substanz der Centralorgane zu verlassen, und bilden mit den Verzweigungen der Nervenfortsätze der sämmtlichen Zellen desselben Typus und den wenigen Verzweigungen der Nervenfortsätze der Zellen des Typus I das erwähnte Netzwerk nervöser Fäden, welches durch das ganze Centralnervensystem continuirlich ist. Die Nervenfortsätze der Zellen II gehen niemals unmittelbar in Axencylinder von Nervenfasern über, sondern nur in dieses Nervennetz.

Die Protoplasmafortsätze sind nicht nervös; sie hängen vielmehr mit den von R. Virchow so genannten Neurogliafasern

[1]) Der ältere Name „Axencylinderfortsatz" ist unbequem, „Deiters'scher Fortsatz" nicht bezeichnend, „nervöser Fortsatz" kann zu Missverständnissen führen, da die Protoplasmafortsätze höchstwahrscheinlich auch „nervös" sind; so scheint mir die Bezeichnung „Nervenfortsatz" als die beste.

und mit den Blutgefässen des Centralnervensystems zusammen und stellen wahrscheinlich einen Ernährungsapparat der Ganglienzellen dar. Da die Zellen des Typus I im Bereiche der vorderen Wurzelfasern liegen und zum Theil sicher nachweisbar ihren Nervenfortsatz in die Nervenfasern einer vorderen (motorischen) Wurzel senken, so bezeichnet sie Golgi als motorische, die Zellen des Typus II dagegen als sensible. Aus dem nervösen Netzwerke der Zellen II (in welches ja aber auch Fäserchen der Nervenfortsätze der Zellen I übergehen) entspringen nämlich durch Vereinigung einer Anzahl feiner Netzfasern die sensiblen Axencylinder.

In diesen Sätzen liegt der Kern der Golgi'schen Anschauungen. Wie man sieht, bestätigen sie zu einem guten Theile die Gerlach-schen Aufstellungen, allerdings nur insoweit, als nach beiden Autoren die motorischen Fasern mit einem von vorn herein selbständig auftretenden und selbständig verlaufenden Axencylinder entspringen, während die sensiblen sich aus feinen Reiserchen eines Netzwerkes zusammenfügen. In allen anderen Dingen bestehen zwischen beiden Forschern scharfe Verschiedenheiten. Nach Gerlach sind es die Protoplasmafortsätze, die das Netzwerk bilden, aus denen die hinteren Wurzelfasern entstehen, nach Golgi die Nervenfortsätze; nach Gerlach können die unmittelbaren Beziehungen zwischen motorischen und sensiblen Fasern nur durch die Zellkörper vermittelt werden, nach Golgi aber auch durch die beiderseitigen Nervenfortsätze, da ja auch die der motorischen Zellen sich an der Bildung des Netzwerkes betheiligen.

Einige andere aus den Arbeiten Golgi's hervorzuhebende Punkte mögen hier noch besonders aufgeführt werden: Ausser den bekannten Zellen der Vorderhörner tragen noch den motorischen Charakter einige Zellen der Hinterhörner und der sogenannten intermediären Zone, die übrigen Zellen dieser Regionen gehören dem II. (sensiblen) Typus an; auch einige Vorderhornzellen sind diesem zuzurechnen, sodass eine regelmässige Lagerung der motorischen und sensiblen Zellen im Rückenmarke nicht vorhanden ist. — In das feine Nervennetzwerk der grauen Substanz gehen noch ein feine Seitenästchen der Axencylinder der Nervenfasern aus allen weissen Strängen des Rückenmarks, welche quer einwärts zur grauen Substanz ziehen. Man hat sich also die longitudinalen Axencylinder der weissen Rückenmarksstränge als mit zarten querverlaufenden Seitensprossen besetzt vorzustellen, welche die Verbindung mit dem nervösen Netz herstellen. Diese Thatsache knüpft an die eben hervorgehobene Seitenverzweigung der Nervenfortsätze an und bildet mit dieser mit den wichtigsten Punkt der Golgi'schen Funde.

Die Nervenfortsätze der Vorderhornzellen gehen: 1) zu den Fasern der vorderen Wurzel, 2) zu den Vordersträngen und Seitensträngen derselben Seite, 3) zu den Vordersträngen und Seitensträngen der anderen Seite (durch die sogen. weisse Commissur). Die Nervenfortsätze der Hinterhornzellen vom Typus I gelangen in

die Seiten- und Vorderstränge derselben und auch der anderen Seite, ebenfalls durch die vordere Commissur.

Denselben Lauf nehmen auch einzelne Nervenfortsätze von Zellen I der zwischen Vorder- und Hinterhorn gelegenen sogenannten intermediären Zone des Rückenmarkes. Golgi lässt es dahingestellt, ob alle durch die vordere weisse Commissur zur anderen Seite übertretenden Fasern Stammnervenfortsätze seien, d. h. direct in Axencylinder von Nervenfasern übergehen; es möchten auch solche Fasern durch die Commissur ziehen, die auf der contralateralen Seite in das nervöse Netzwerk sich vertheilen.

Die hinteren Wurzelfasern lösen sich unter reichlicher Verzweigung in ein feines Astwerk von Fäserchen auf, welches genau demjenigen der Nervenfortsätze der Zellen des II. Typus gleicht, so dass Golgi zu der Annahme kommt — wie vorhin schon erwähnt — dass beiderlei Verästelungen zusammenhängen, mit anderen Worten, dass die hinteren Wurzeln aus dem nervösen Netzwerke ihren Ursprung nehmen. Auch in der grauen Substanz der Vorderhörner findet sich dieses nervöse Netzwerk, und dringen auch einzelne hintere Wurzelfasern mit ihren Verästelungen bis dorthin vor.

Wichtig sind auch die Angaben Golgi's über die Neuroglia, doch sollen diese später im Zusammenhange mit den Angaben der anderen Autoren über diesen Gegenstand besprochen werden.

Als neu und besonders hervorragend finden wir also bei Golgi folgende drei Dinge:

1. Die Verästelung der Nervenfortsätze der motorischen Wurzelfasern,
2. Die Verästelung der Axencylinder der weissen Stränge des Rückenmarks durch Seitenzweige zum nervösen Netzwerk hin,
3. Die nicht nervöse Natur der Protoplasmafortsätze.

Daraus muss gefolgert werden, a) dass im grossen und ganzen die hinteren und vorderen Wurzeln auf die gleiche Weise entspringen, indem beide Verbindungen mit dem nervösen Netzwerke unterhalten; nur haben die vorderen Wurzeln eine unmittelbarere Beziehung noch zu den Ganglienzellen, und erscheint ihre Beziehung zu dem nervösen Netzwerke als das nebensächliche, während es bei den sensiblen Wurzeln die Hauptsache ist, b) dass eine vollkommen isolirte Leitung in keiner Nervenfaser besteht.

An die Golgi'schen Arbeiten schliessen die des spanischen Forschers S. Ramón y Cajal unmittelbar an.[1]) Das Verfahren

[1]) 1) Contribución al estudio de la estructura de la médula espinal. Revista trimestral de Histología normal y patológica año I, 1889, No. 3 y 4 p. 79—106. — 2) Conexión general de los elementos nerviosos. La medicina practica Año II, 1889, p. 341—346 — 3) Contribución al estudio de la médula embrionaria. Rev. trimestral de Histol. norm. y patol. No. 3 y 4. Mars 1889 — s. a. Anatomischer Anzeiger 1890 No. 3, p. 85—95 u. 4 p. 117—119, — 4) A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moëlle épinière du poulet? Anatom. Anzeiger 1890, No. 21

Ramón's weicht insofern ab, als er eine etwas stärkere Kaliumbichromatlösung wählt. Kölliker verwendete dieselbe Untersuchungsmethode und beschreibt sie[1]) in folgender Weise: Das Rückenmark wird in Stücke von 3—4 mm Länge zerlegt, diese kommen in eine reichliche Menge einer Mischung 3%iger Kaliumbichromatlösung mit 1%iger Ueberosmiumsäurelösung (auf jedes Stück etwa 40—50 ccm Mischung). Die Lösung wird nach einigen Stunden gewechselt. Nach 24—36 Stunden Auswaschen in einer Höllensteinlösung von 0,25% 1/4—1/2 Stunde lang, dann Einlegen in eine reichliche Menge einer 0,75%igen Höllensteinlösung 30 bis 48 Stunden lang. Dann Einbringen in 40%igen Spiritus. Weiterhin 1 Stunde in Alkohol. absol; 1 Stunde in Celloidin. Unmittelbar nach geschehener Einbettung müssen die Stücke geschnitten werden, da sie sich nicht lange gut erhalten. Die Schnitte selbst werden 1/4 Stunde mit Kreosot, dann mit Terpentin behandelt und in Xylolbalsam ohne Deckglas eingelegt. Es ist dies Verfahren im wesentlichen das sogenannte rasche Golgi'sche Verfahren. Das

und 22 s. a. Gaceta sanitaria municipal de Barcelona 10 Agosto 1890. — 4) Nuevas observaciones sobre la estructura de la médula espinal de los mamíferos. Trabajos del Laboratorio anat. della Fac. de Med. Barcelona, 1890. 5) Estructura de la retina de las aves. Rev. Trim. Histol. norm. y patol., 1888 No. 1. — 6) Manual de histología normal y técnica micrográfica. Obra illustrada con 203 grabados, copia de las preparaciones originales del autor. Valencia, 1889. — 7) Nuevas aplicaciones del método de coloración de Golgi. Barcelona 1889. — 8) Notas anatomicas. I. Sobre la aparición de las expansiones célulares en la médula embrionaria; II. Sobre las terminaciones nerviosas del lorazón de los Batràciós y Reptiles. Gaceta sanitaria municipal de Barcelona 1890 No. 12, p. 413. — 9) Textura de las circunvoluciones cerebrales de los mamíferos inferiores, Gaceta sanitaria municipal de Barcelona 10 Diciembre 1890. — 10) Pequeñas comunicaciones anatómicas. I. Sobre la existencia de terminaciones nerviosas pericellulares en los ganglios nerviosos raquidianos II. Sobre la existencia de colaterales y de bifurcaciones en las fibras de sustancia blanca de la corteza gris del cerebro. Gaceta medica Catalana, Diciembre, Barcelona, 1890, 8. — 11) Sobre ciertos elementos bipolares del Cerebelo joven y evolución de las fibras cerebelosas. Gaceta san. munic. de Barcelona 1890. — 12) Sur les fibres nerveuses de la couche granuleuse du cervelet et sur l'évolution des éléments cérébelleux. Internat. Mon.-Schrift f. Anatomie und Physiologie, Bd. VIII 1890. S. a. Ebendas. Bd. VI, Heft 3 u. 4 1889 und Bd. VII Heft 2 1890. — 13) Estructura de los centros nerviosos de las aves. Revista trimestrial de histología normal y patologica 1888 Nr. 1 p. 1. — 14) Sobre las fibras nerviosas de la capa molecular del cerebelo. Ibid. 1888 Nr. 2, p. 33 y 1889 p. 107. — 15) Estructura del lobulo optico de las aves. Ibid. 1889 Nr. 3 y 4. — 16) Réponse à M. Golgi à propos des fibrilles collatérales de la moëlle épinière et de la structure générale de la substance grise. Anat. Anzeiger Nr. 20 1890, 579. — 17) Origen y terminacion de las fibras nerviosas olfatorias. Gaceta sanitaria municipal, Barcelona 10. Diciembre 1890. — 18) Sobre la existencia de células nerviosas especiales en la primura capa de las circunvoluciones cerebrales. Gaceta med. Catalana, Barcelona 1890, Vol. XIII. p. 737.

[1]) Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems, II. Beitrag: Das Rückenmark. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 51 p. 1.

von Golgi zuerst angewendete, sogenannte längsame Verfahren erlaubt die Stücke in mässig starkem Alkohol auf längere Zeit zu erhalten.

Ich will an diese Mittheilung des Golgi'schen Untersuchungsverfahrens gleich anknüpfen, dass von manchen Seiten, z. B. von Rossbach und Sehrwald (Centralblatt für die med. Wissenschaften 1888 No. 47), behauptet worden ist, die auftretende Schwärzung der Zellen und deren Fortsätze beruhe auf einem Niederschlage des Silbers in die die Nervenzellen und deren Ausläufer umgebenden pericellulären und perifibrillären Lymphräume. Solche Niederschläge kommen unzweifelhaft vor, namentlich an den Nervenzellen, an deren Protoplasmafortsätzen und an den Gliazellen; für die nackten Axencylinder der marklosen embryonalen Fasern möchte ich jedoch mit S. Ramón y Cajal (Anat. Anz. 1890 No. 3, p. 86) und Kölliker (l. c. p. 11) annehmen, dass hier eine unmittelbare Färbung der Axencylindersubstanz vorliegt und nicht eine Auflagerung der Silberpartikelchen. So schien es mir wenigstens an einer Anzahl Präparate S. Ramón y Cajal's, welche ich genau zu studiren Gelegenheit hatte.

S. Ramón y Cajal kommt nun in manchen Punkten zu Golgi in Widerstreit, in anderen erweitert er unsere Kenntnisse in erheblicher Weise. Was die wichtigsten Unterschiede zwischen ihm und Golgi anlangt, so nimmt S. Ramón y Cajal die netzförmige Verbindung der Verästelungen der Nervenfortsätze (d. h. eine Anastomose dieser Fortsätze untereinander) nicht an. Die Stammfaser des Nervenfortsatzes setzt sich in einen Axencylinder fort, der entweder centripetal oder centrifugal (vordere Wurzeln) verlaufen kann. Die sich noch innerhalb der Centralorgane in der grauen Substanz verästelnden Zweige dieses Nervenfortsatzes laufen alle frei aus, ohne mit den gleichen Fortsätzen anderer Nervenzellen zu anastomosiren. S. Ramón spricht nur von zwei Ausnahmefällen: bei den sympathischen Geflechten der Wirbelthiere, sowie bei den Nervenzellen der Insecten sollen Anastomosen zwischen den Fortsätzen verschiedener Zellen vorkommen (Anat. Anzeiger 1890 No. 20, p. 584). Auch drückt er sich etwas vorsichtig aus, wenn er (Anat. Anz. 1890 No. 3, p. 88) meint: „Nous ne nions pas d'une manière absolue l'existence d'anastomoses entre les fibrilles qui constituent le plexus mentioné: nous affirmons seulement qu'avec la méthode de Golgi et sur les meilleures préparations nous n'avons jamais observé une maille en entier".

Aus dem oben entwickelten folgt als weitere Consequenz, dass man zwei Zellenarten in der Weise, wie Golgi es thut, als motorische und sensible (Typus I und Typus II nach Golgi) nicht unterscheiden kann, und hierin liegt eine zweite Hauptdifferenz mit Golgi. Man kann nur sagen, dass es Zellen giebt mit langen Nervenfortsätzen (Typus I Golgi) und mit kurzen Nervenfortsätzen (Typus II Golgi). Bei den ersteren, wohin z. B. die Ursprungszellen der vorderen Wurzelfasern gehören, geht die Stamm-

faser des Nervenfortsatzes aus dem centralen Nervensystem heraus, ohne sich innerhalb des letzteren noch zu verästeln (Ramón y Cajal stellt dieses für die Nervenfortsätze der Ursprungszellen der vorderen Wurzelfasern, beim Hühnchen wenigstens, bestimmt in Abrede, bei anderen Thieren fand er in Uebereinstimmung mit Golgi auch einzelne Verästelungen.) Der Nervenfortsatz läuft dann als Axencylinder einer motorischen Nervenfaser lang hin bis zu einer Muskelfaser, und hier erst, in der motorischen Endplatte, beginnt die geweihartige (Kühne) Verästelung (arborisation terminale Ranvier's) mit frei auslaufenden Enden. Nicht anders ist auch das Verhalten der langen sensiblen Axencylinderfortsätze, welche auch nur mit einer Ganglienzelle (im Spinalganglion) in Verbindung stehen, nach der Peripherie hin aber in eine frei endigende Verästelung, so meint S. Ramón y Cajal, auslaufen. Falls am sogenannten peripheren Ende eine Verbindung mit Zellen besteht, wie dies z. B. beim Olfactorius der Fall ist, ist diese Zelle als Ursprungs- und nicht als Endzelle aufzufassen. Der von da ausgehende Fortsatz endet dann auch, gegen die Centralorgane hinstrebend, dort allemal irgendwo in frei auslaufenden Verästelungen.

Die Zellen des zweiten Golgi'schen Typus, Golgi's sensible Zellen, verhalten sich genau so, nur findet die freie Endverästelung schon innerhalb der Centralorgane, meist auf die graue Substanz beschränkt, statt; ihre Fortsätze verlassen das Gebiet der Centralorgane nicht. Ramón y Cajál giebt allerdings zu, dass die im Hinterhorn vorfindlichen Zellen dieser Art höchst wahrscheinlich sensiblen Functionen dienen, will aber die Einheitlichkeit im typischen Baue dieser Zellen mit den unzweifelhaft motorischen Zellen, schliesslich die Einheitlichkeit des Baues aller Nervenzellen hervorheben. Nach Golgi's Vorstellung hätten wir immer, wie wir gesehen haben, zwei auch in ihrem Baue typisch verschiedene Zellen.

S. Ramón y Cajal giebt nun für das Rückenmark, um dies gleich hier zu erledigen, doch eine Eintheilung der Zellen in verschiedene Gruppen auf Grund des Verlaufes ihrer Nervenfortsätze. Er unterscheidet:

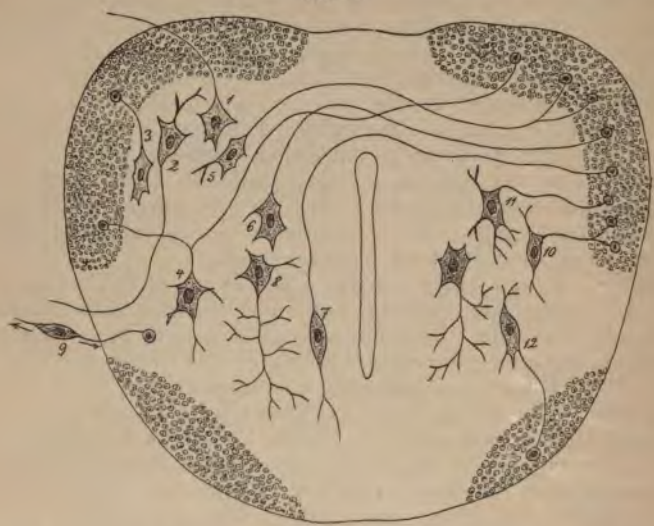
1. Commissurenzellen,
2. Strangzellen,
3. Nervenwurzelzellen,
4. Zellen mit reich verzweigten Axencylinderfortsätzen der Hinterhörner.

Die Commissurenzellen [Fig. 2 (5, 6, 7)] finden sich in jeder der bekannten Zellengruppen des Rückenmarkes (Golgi, Edinger[1]) u. a.); ihre Nervenfortsätze ziehen gekreuzt durch die vordere Commissur zur Gegenseite, wo sie sich mit einer oder mehreren

[1]) Edinger, L., Zwölf Vorlesungen über den Bau der nervösen Centralorgane für Aerzte und Studirende. Zweite Auflage, Leipzig 1889. — Ich verweise ganz besonders auf dieses Werk, als zur Einführung und Orientirung im Gebiete des Centralnervensystems vortrefflich geeignet.

der longitudinalen Fasern der Vorderseitenstränge in Verbindung setzen durch T förmigen Anschluss oder durch einfaches Umbiegen in eine solche Faser (s. Fig. 2). Die Strangzellen, ebenfalls allen Theilen der grauen Substanz angehörig, lassen ihre Nervenfortsätze in gleicher Weise zu einem Axencylinder einer oder mehrerer der weissen Fasern sämmtlicher Rückenmarksstränge werden, jedoch ohne Kreuzung [Fig 2 (3, 10, 11)]. Von einzelnen dieser Nerven-

Fig. 2.



fortsätze giebt S. Ramón an, dass sie noch während ihres Verlaufes in der grauen Substanz Seitenzweige ablassen, über deren Ende er indessen im unklaren blieb. In anderen Fällen [Fig. 2 (4)] wird ein Seitenzweig zu einer Commissurenfaser, während der Hauptast in einen der Stränge zieht. Die Nervenwurzelzellen senden ihren starken Nervenfortsatz als Axencylinder einer vorderen Nervenwurzel aus [Fig 2 (1)]. Beim Hühnchen fand Ramón, wie schon erwähnt, diese Nervenfortsätze völlig unverästelt, während er bei anderen Thieren einzelne Verästelungen, deren Bedeutung aber zweifelhaft bleibt, zugiebt. Die Zellen der Hinterhörner mit reichlich verzweigtem Nervenfortsatze entsprechen Golgi's Zellen des zweiten Typus [Fig. 2 (8)]; sie haben nach Ramón keinerlei Zusammenhang, sollen aber sensibler Natur sein. Hierzu kommen nun noch die Zellen der Spinalganglien [Fig. 2 (9)] und eigenthümliche von M. v. Lenhossek und S. Ramón entdeckte Zellen der Vorderhörner, deren Nervenfortsatz indessen mit der hinteren Wurzel austritt [Fig. 2 (2)]. Von diesen wird noch weiter unten die Rede sein.

Ein dritter einschneidender Unterschied zwischen der Auffassung S. Ramón y Cajal's und Golgi's liegt darin, dass der erstere die Protoplasmafortsätze (Dendriten, His) auch für nervöse Fortsätze erklärt. Er[1]) beruft sich dabei hauptsächlich darauf, dass seiner Meinung nach bei den sympathischen Nervengeflechten der Vertebraten sowie bei den Insecten nur Protoplasmafortsätze vorhanden wären. Ferner auf das Verhalten der Nerven im Bulbus olfactorius, wovon alsbald die Rede sein wird. S. Ramón y Cajal bringt (l. c., Anatomischer Anzeiger 1890 p. 587) noch mehrere Gründe vor, welche Golgi's Ansicht zu entkräften geneigt sind; endgültig entschieden erscheint mir aber die Sache nicht. Um mit dieser wichtigen Frage hier gleich abzuschliessen, hebe ich noch hervor, dass in der neuesten Veröffentlichung aus Golgi's Laboratorium Golgi's Schüler Luigi Sala[2]) mit Entschiedenheit an der Meinung seines Lehrers festhält. Es heisst darüber, l. c. p. 41: „die Protoplasmafortsätze treten mit den Nervenfasern in absolut keine Verbindung; dieselben heften sich mittels ihrer letzten Verzweigungen, welche besondere Endausbreitungen darbieten, an die Fortsätze der Neurogliazellen und an die Wände der Blutgefässe an. Durch diese Verbindungen, welche sich namentlich im Hippocampus mit aller Leichtigkeit feststellen lassen, ist es klar, dass die Protoplasmafortsätze als die Wege betrachtet werden müssen, auf welchen die Diffusion des Nährplasmas aus den Blutgefässen und den Neurogliazellen in die eigentlichen Nervenelemente erfolgt. — Es bestätigt sich ferner die von Golgi beobachtete Thatsache, dass die Protoplasmafortsätze mit ihren Verzweigungen die Neigung haben, sich vorzugsweise in Gegenden zu begeben, wo die Nervenfasern fehlen; auch in der Fascia dentata, wo man gesucht hat diese Thatsache zu negiren, gehen die Protoplasmafortsätze der kleinen kugeligen Zellen (hauptsächlich in der unbedeckt bleibenden Portion der Fascia) zur Peripherie, wo eine ausschliesslich von Neurogliazellen gebildete, von Nervenfasern vollkommen freie Schicht sich befindet."

Kölliker[3]) in seiner neuesten Abhandlung giebt in Bestätigung und Erweiterung der Resultate Golgi's und S. Ramón's als thatsächliches Verhalten der Protoplasmafortsätze an, dass dieselben bei allen Nervenzellen des Rückenmarkes sich aufs feinste über grosse Strecken nach allen Richtungen hin verästeln, oft in die weisse Substanz eindringen, und nicht anastomosiren. Kölliker erwägt sorgfältig und eingehend die Gründe, welche für und wider Golgi's Ansicht über die Protoplasmafortsätze sprechen, kommt jedoch

[1]) S. Ramón y Cajal, Réponse à M. Golgi à propos des fibrilles collatérales de la moëlle épinière, et de la structure générale de la substance grise. Anat. Anzeiger 1890 No. 20. l. c.

[2]) Zur feineren Anatomie des grossen Seepferdefusses. Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. 52, Heft 1, p. 18, 1891.

[3]) Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. II. Beitrag: Das Rückenmark. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 51. Band 1890 p. 1.

noch zu keiner abschliessenden Meinung. Für ihre nervöse Natur sprechen nach Kölliker: 1) Ihre Textur und ihr chemisches Verhalten, was beides nicht wesentlich von dem der nervösen Fortsätze abweiche und in grosser Uebereinstimmung mit dem der Zellkörper sei. 2) Die Thatsache, die von Golgi selbst festgestellt und von S. Ramón wie von Kölliker bestätigt wurde, dass nicht selten nervöse Fortsätze von den Protoplasmafortsätzen, und zwar in nicht unbedeutender Entfernung von dem Zellkörper abgehen. 3) Die ausserordentliche Grösse, Menge und Verzweigung dieser Fortsätze, wie es z. B. in ganz auffallender Weise an den Purkyně'schen Zellen des Kleinhirns hervortritt, s. Fig. 6, 1 w. u. 4) Das Verhalten der sogenannten „Federbuschzellen" S. und P. Ramón y Cajál's[1]) — células empenachadas — des Bulbus olfactorius. Diese Zellen senden zu den Glomeruli olfactorii meist je einen sich daselbst büschelförmig stark verästelnden Dendriten, während ihr Nervenfortsatz hirnwärts im Tractus olfactorius weiterzieht. Wir werden weiter unten sehen, dass zu denselben Glomeruli auch ächte Nervenfasern der Nervi olfactorii ziehen, also liegt es nahe, hier eine Nervenleitung auch den Protoplasmafortsätzen zuzuerkennen. S. Ramón behauptet, dass er nur diese beiden genannten Elemente in die Glomeruli habe eindringen sehen, damit wären wir gezwungen, eine nervöse Leitung durch die Dendriten zuzugestehen. Allein Golgi[2]) gab schon lange vor S. Ramón an, dass eine besondere Art der Federbuschzellen, die sich durch ihre Kleinheit auszeichnen, auch nervöse Fortsätze in die Glomeruli hineinsendeten, ebenso gingen auch Nervenfasern des Tractus hinein; besteht diese gegentheilige Behauptung zu Recht, was ich nicht zu entscheiden vermag, dann ist für die Dendriten der grösseren Células empanachadas der Schluss auf ihre nervöse Natur nicht zwingend. 5) Unter den Zellen der sogenannten Körnerschicht des Bulbus olfactorius (S. Ramón), ferner in der Netzhaut (Dogiel[3]) werden Zellen vom Habitus der Ganglienzellen beschrieben, die keine nervösen Fortsätze erkennen lassen. (Es könnten dies jedoch Gliazellen sein, wie es zum Beispiel S. Ramón für die Dogiel'schen Netzhautzellen auch meint). — Hierher gehören dann auch die multipolaren Zellen im Sympathicus der Wirbelthiere, deren Fortsätze alle einander gleichen, und die S. Ramón, wie wir eben sahen, sämmtlich für Dendriten hält [Axel Key u. Retzius[4]) und

---

[1]) S. Ramón y Cajal, Origen y terminación de las fibras nerviosas olfatorias. Gaceta sanitaria Municipal de Barcelona, 10. Diciembre 1890 und Pedro Ramón y Cajal, Estructura del bulbo olfatorio de las aves. Gaceta sanit. Municipal de Barcelona 1890 No. 13.

[2]) Sulla fina struttura dei Bulbi olfattorii, Reggio Emilia, 1875.

[3]) Ueber das Verhalten der nervösen Elemente in der Netzhaut. Anat. Anzeiger 1888 p. 133.

[4]) Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Bd. II 1876 p. 113 ff.

Kölliker[1])], und die gleichbeschaffenen wenigen multipolaren Zellen, die man bei Wirbellosen findet [G. Retzius[2]) und Biedermann[3])]. (Meiner Ansicht nach können diese Elemente nicht als beweisend für die nervöse Natur der Dendriten angeführt werden, denn es ist noch zweifelhaft, ob diese Fortsätze Dendriten sind; wahrscheinlich haben diese Zellen gar keine Dendriten.) 6) Wie Kölliker in München (l. c.) hervorhob, beschrieben Fusari und Panasci[4]) in der Zunge Zellen, welche einen Fortsatz nach dem Centrum entsenden, während sie auf der andern Seite zahlreiche verästelte Ausläufer in das Epithel eintreten lassen. Hier scheint man in der That diese letzteren Ausläufer als Dendriten, die dann auch als leitend anzusprechen wären, ansehen zu müssen. Doch sind diese Ausläufer noch genauer zu untersuchen.

Gegen die nervöse Natur der Dendriten sind nach Kölliker anzuführen: 1) Das sehr häufige Eindringen der Verzweigungen von Protoplasmafortsätzen in die weisse Substanz, oft bis gegen die Oberfläche derselben. Kölliker legt hierauf am meisten Gewicht. Ich möchte hervorheben, dass überall in der weissen Substanz Nervenzellen zu finden sind, viel mehr, als man bislang geglaubt hat, und dass somit ein so scharfer Unterschied zwischen weisser und grauer Substanz nicht vorhanden ist, wie dies gemeinhin dargestellt wird. (Vergleiche meine Arbeit über das Gorillarückenmark, Abhandlungen der Königl. Preuss. Akad. d. Wissenschaften, 1889.) 2) Das Vordringen der Protoplasmafortsätze in Gegenden, wo es keine Nervenfasern gebe. Dies Argument Golgi's, welches, wie wir sahen, L. Sala jüngst wiederholt, lässt Kölliker indessen nicht gelten, da er sowohl in der äussersten Hirnrinde, wie auch in der oberflächlichen Schicht der Fascia dentata viele Nervenfasern nachweisen konnte[5]) Ich vermag dies für die äussersten Schichten der Grosshirnrinde nach Präparaten, die ich mit Professor Pertik, meinem damaligen Assistenten, in Strassburg vom Hirn eines Enthaupteten herstellte, durchaus zu bestätigen. 3) Die Angabe Golgi's, dass die Protoplasmafortsätze sich an die Gliazellen und an die Gefässe ansetzten, die Sala bestätigt; Kölliker vermochte dies nicht zu finden, will aber kein grosses Gewicht auf seinen negativen Befund legen, da er gerade diesen Punkt nicht eingehend genug geprüft habe. Eine Verbindung der

[1]) Vortrag auf der Anatomenversammlung in München. Verhandlungen der anatom. Gesellschaft V, Anatomischer Anzeiger, 1891.

[2]) G. Retzius, Zur Kenntniss des Nervensystems der Krustaceen. Biologische Untersuchungen. Neue Folge Bd. I. Stockholm 1890.

[3]) Biedermann, Ueber den Ursprung und die Endigungsweise der Nerven in den Ganglien wirbelloser Thiere. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1891, Bd. 25, S. 429.

[4]) Fusari und Panasci. Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino vol. XXV p. 836.

[5]) Kölliker, A. Würzburger Sitzungsber. vom 21. Mai 1887 und Anatom. Anzeiger 1887 No. 15.

Protoplasmafortsätze mit den Gliazellenfortsätzen würde, wie ich meine, nicht gegen eine nervöse Natur der Protoplasmafortsätze sprechen, da Nervenzellen und Gliazellen in letzter Instanz aus derselben Anlage hervorgehen, wenn sie auch schon frühzeitig sich trennen (His, s. w. u.). 4) Der Umstand, dass man nirgends Beziehungen der Protoplasmafortsätze zu anderen Protoplasmafortsätzen oder zu den Nervenfortsätzen sehe. Diesem Umstande vermag ich kein grösseres Gewicht beizumessen, angesichts der Thatsache, welche sowohl Golgi selbst, als auch die Brüder Santiago und Pedro Ramón vom Bulbus olfactorius mittheilen (s. vorhin), und der Thatsache, dass auch die Fortsätze der verschiedenen Nervenfasern, wie S. Ramón und Kölliker gegen Golgi übereinstimmend angaben, nirgends miteinander anastomosiren; die Nervenfortsätze verhalten sich darin also nicht anders, wie auch die Protoplasmafortsätze. 5) Betont Kölliker, dass man auch unter der Zulassung von Golgi's Annahme alle physiologischen Verhältnisse des Rückenmarkes erklären könne, und weist dies im einzelnen nach. Ich komme noch darauf zurück. Schwierig gestalte sich umgekehrt bei der Annahme, dass die Dendriten leitend seien, die Erklärung ihrer Bedeutung. 7) Bei der Münchener Anatomenversammlung endlich gab Kölliker (l.c.) der Hypothese Raum, dass die Protoplasmafortsätze in einzelnen Gegenden des Centralnervensystems vielleicht nervös wirkten, in anderen wiederum nicht. Ich vermag hier meine Bedenken nicht zu unterdrücken.

Wie man sieht, können wir bezüglich der Protoplasmafortsätze noch kein sicheres Ergebniss unser eigen nennen. Wichtig sind für die betreffende Frage auch die Untersuchungen von G. Fritsch[1])[2])[3]). Bei den beiden grossen Riesenganglienzellen des Zitterwelses löst sich das peripher gelegene Protoplasma zu einer Art netzförmig durchbrochenen Platte auf, diese strahlt dann immer weiter in die Protoplasmafortsätze auseinander. Die Gesammtheit der Dendriten erscheint somit wie eine allmählich fortschreitende Auffaserung des Protoplasmaleibes der Ganglienzelle, wobei aber — das geht aus den Untersuchungen von Fritsch unzweifelhaft hervor — in der Nähe des Zellkörpers die einzelnen Dendriten netzförmig zusammenhängen. In die Maschen dieses Netzes dringen Blutgefässschlingen ein und bohren sich tief in den grossen Leib der Ganglienzelle. So ist es auch bei den grossen Ganglienzellen von Lophius piscatorius. Daraus ergiebt sich, wie ich meine, dass man die Protoplasmafortsätze wie das Protoplasma der Ganglienzelle selbst auffassen muss; der ihnen ursprünglich von Deiters gegebene Name ist daher ganz zutreffend. Sie sind nervöser Natur, ebenso wie der

[1]) G. Fritsch, Die elektrischen Fische; I. Malopterurus electricus. Leipzig 1887. Fol.

[2]) Derselbe, Die elektrischen Fische; II. Die Torpedineen. Ebendas. 1890. Fol.

[3]) Ueber einige bemerkenswerthe Elemente des Centralnervensystems von Lophius piscatorius. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 27. 1886, S. 13.

Protoplasmaleib der Ganglienzellen, und müssen functionell ganz wie dieser beurtheilt werden. Ob ihnen aber im besonderen dasselbe Leitungsvermögen und dieselbe Leitungsaufgabe, wie den Nervenfortsätzen zukommt, das erscheint mir sehr zweifelhaft. Fritsch macht bei Malopterurus keine sicheren Angaben über den Verbleib und die Aufgabe der Protoplasmafortsätze; doch neigt er offenbar dahin, sie auch mit leitenden Functionen gleich den ächten Nervenfortsätzen auszustatten. Es heisst bei ihm (l. c. 11) p. 77: „Der Schluss, dass diese locale an die Ganglienzellen gebundene Entwickelung der Commissuren zu diesen selbst eine direkte innige Beziehung hat, und sicherlich Verzweigungen der reich verästelten Protoplasmafortsätze in sie eintreten, dürfte wohl nicht von der Hand zu weisen sein." S. hierüber auch verschiedene Angaben in dem Werke über die Torpedinen (l. c. 12). — Interessant ist ferner, was Fritsch von dem Ursprunge der Nervenfortsätze bei den genannten Thieren sagt. Bei Malopterurus sammeln sich die Protoplasmafortsätze an einer Seite der Zelle zu einem besonders dichten Netzwerke und aus diesem, nicht aus dem compacten Zellenleibe selbst, entspringt der Nervenfortsatz. Bei Lophius entspringt er zwar von dem Zellenleibe; die Ursprungsstelle ist aber ausgezeichnet durch dichtere Beschaffenheit des Protoplasma und leichtere Färbbarkeit (l. c. 13, p. 18). Mir scheint der Umstand, dass die Nervenfortsätze bald vom Zellenleibe selbst, bald von den Dendriten entspringen, ebenfalls dafür zu sprechen, dass man die letzteren wie den verästelten Zellenleib auch functionell auffassen muss.

Die Untersuchungen S. Ramón y Cajal's ergeben ferner folgendes neue:

1. Die hinteren, von einer Ganglienzelle der Spinalganglien entspringenden Wurzelfasern theilen sich beim Eintritte in das Rückenmark dichotomisch, und zwar unter einem mehr spitzen Winkel (−≺) in einen longitudinal verlaufenden aufsteigenden und absteigenden Ast. Die Aeste bilden die Gesammtmasse der Hinterstrangfasern, sowohl der Burdach'schen wie der Goll'schen Stränge. (Fig. 3 (1, 2).

2. Von den Wurzelfasern selbst gehen, ebenso wie von deren longitudinalen beiden Aesten, unter meist rechtem Winkel Seitenzweige ab — Fig. 3 (3, 4) Collaterales, S. Ramón —, welche in die graue Substanz eintreten und dort mit freien, baumförmig verzweigten Enden (Arborizaciones finales S. Ramón, Endbäumchen Köl liker) aufhören. Es gleichen, wie schon erwähnt, diese Endbäumchen den Endigungen der motorischen Nerven an den gestreiften Muskelfasern, welche bekanntlich Ranvier mit dem Namen „Arborisation terminal" belegt hat; an diese Bezeichnung knüpft auch die Benennung S. Ramón's an.

3. Was man bisher in der Anatomie des Rückenmarkes als direkt in die graue Substanz eindringende hintere Wurzelfasern beschrieben hat, sind nur deren oben genannte Collateralen, entweder die Stamm-Collateralen oder die Ast-Collateralen.

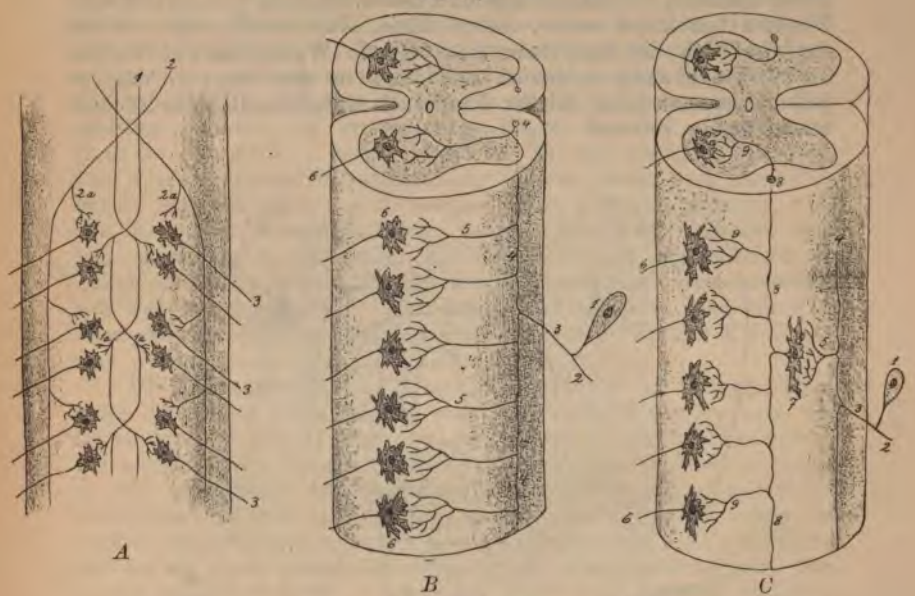
4. Collateralen, wie die eben von den hinteren Wurzeln beschriebenen, fand S. Ramón nun auch von allen übrigen weissen Strängen des Rückenmarks abtreten und in ähnlicher Weise innerhalb der grauen Substanz frei enden. Diese Collateralen der longitudinalen Fasern der Rückenmarksstränge hat, wie wir vorhin angaben, schon Golgi gesehen, hat sie aber nicht so eingehend untersucht wie S. Ramón, und nicht in der grossen Verbreitung und Zahl, wie dieser, beschrieben. (Vgl. hierüber S. Ramón im Anat. Anzeiger 1890 No. 20 l. c.).

Fig. 3.

5. Neu ist weiterhin, was S. Ramón y Cajal von den Beziehungen der Nervenfortsätze vieler Ganglienzellen des Rückenmarkes zu den weissen Strangfasern fand. Diese Fortsätze einer grossen Zahl der genannten Ganglienzellen aus allen Gebieten der grauen Substanz gehen nämlich in die Axencylinder der weissen Strangfasern über, und zwar in folgender Weise: a) Sie inseriren in toto unter rechtem Winkel an einer longitudinalen Nervenfaser (Fig. 3 (5), und zwar befindet sich an der Verbindungsstelle stets eine Ranvier'sche

Einschnürung. b) Sie theilen sich vorher in zwei Fasern, deren jede in der genannten Weise an einer Ranvier'schen Einschnürung einer Längsfaser inserirt. In beiden Fällen, a und b, würden wir also T-Verbindungen haben, und würde dies vollkommen entsprechen dem Verhalten einer hinteren Wurzelfaser, welche, als Nervenfortsatz von einer Zelle des Spinalganglions entspringend, beim Eintritt in das Rückenmark sich T-förmig theilt in einen longitudinal absteigenden und aufsteigenden Ast (Fig. 4, B. C. 1, 2, 3, 4). c) Der Nervenfortsatz biegt direct in den Axencylinderfortsatz einer weissen Strangfaser um (Fig. 3 (6). Dies ist z. B. der Fall bei den Zellen der Clarke'schen Säulen, deren Nervenfortsatz, centripetal laufend, sich longitudinal aufwärts biegt, um in der Kleinhirn-Seitenstrangbahn weiter zu ziehen.

Fig. 4.[1])

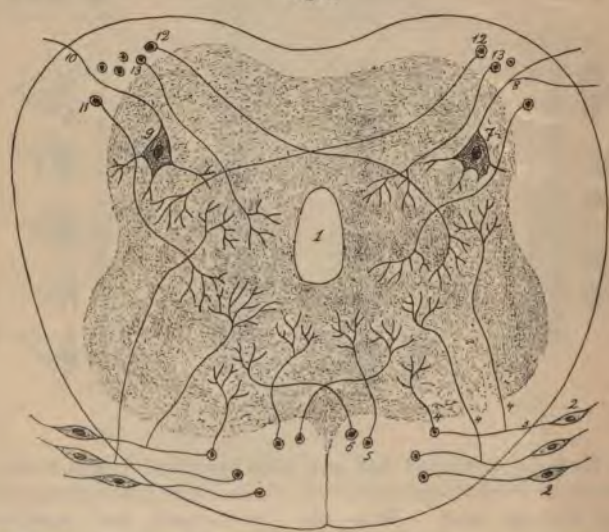


S. Ramón y Cajal hat nun noch genauere Angaben über diese verschiedenen Punkte gemacht, von denen hier noch einiges herausgehoben werden mag. Was die Collateralen der verschiedenen Stränge anlangt, so sind die der Vorderstränge etwas stärker; ihre Endbäumchen liegen in den Vorderhörnern, einige auch in den Hinterhörnern derselben Seite; ein Theil der Vorderstrangcollateralen kreuzt sich in der vorderen Commissur (Fig. 5 (11, 12, 13). Die Collateralen der Hinterstrangfasern sind die feinsten und zahlreich-

[1]) Fig. 4 nach Kölliker, Rückenmark. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 51, l. c.

sten, einzelne enden erst im Bereich der Vorderhörner, ein Theil kreuzt sich in der hinteren Commissur und endet dann theils im Hinterhorn, theils im Vorderhorn der anderen Seite (Fig. 5 (2, 3, 4, 5, 6). Ueber den schliesslichen Verbleib und die Endigungsweise der beiden longitudinalen Hauptäste der hinteren Wurzelfasern vermag Ramón y Cajal nichts bestimmtes anzugeben. Die verschiedenen Angaben der neueren Autoren über das Verhalten der hinteren Wurzelfasern und der aus ihnen hervorgehenden Hinterstränge (Ramón führt Lissauer, Bechterew, Kahler, Obersteiner, Edinger, M. v. Lenhossek an, denen ich wohl meine eigenen Untersuchungen über das Gorilla-Rückenmark[1]), sowie die Arbeiten von Takacs[2]), Lüderitz[2]) und Rossolymo [2]) anreihen darf) lassen sich mit S. Ramón's Angaben, wie letzterer selbst ausführt, vereinigen; nur führt uns S. Ramón y Cajal in zwei Punkten bedeutend weiter, einmal darin, dass er das, was wir alle für direkt in das Hinterhorn eindringende Wurzelfasern hielten, als Collateralen nachwies, und dann in dem Punkte, dass er jeden Zusammenhang solcher Fasern mit Ganglienzellen des Rückenmarks selber vermisst.

Fig. 5.



[1]) Waldeyer, W., Das Gorilla-Rückenmark. Abhandlungen der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1888. Berlin 1889. 4. In Commission bei Georg Reimer. Hier finden sich auch die gesammten Litteraturcitate der Arbeiten von Lissauer, Bechterew, Kahler, Obersteiner, Edinger und M. v. Lenhossek.

[2]) Neurolog. Centralbl. 1887, Lüderitz, Archiv f. Anatomie und Physiologie, anat. Abth. 1881, p. 71 und Rossolymo, Neurol. Centralbl. 1886 No. 17.

Ein sehr merkwürdiger Fund ist der bereits vorhin erwähnte von M. v. Lenhossek[1]) und S. Ramón y Cajal[2]) gemachte, wonach es Fasern in den Hinterwurzeln beim Hühnchen giebt, die nach Art der vorderen Wurzeln aus einer der lateralen Ganglienzellen des Vorderhorns entspringen, nach hinten ziehen, dann plötzlich unter rechtem Winkel in die hintere Wurzel einbiegen und das Spinalganglion durchsetzen, ohne mit einer Zelle desselben in Verbindung zu treten (s. Fig. 2 (2). Es müssen nur wenige Zellen dieser Art vorhanden sein, und bis jetzt sind sie nur beim Hühnchen gefunden. S. Ramón bezeichnet sie schlankweg als „cellules motrices de la racine postérieure"; Lenhossek will sie nur als „centrifugal leitende" ansprechen. Auch eine weitere neue Erfahrung S. Ramón's[3]) soll hier zur Sprache kommen, nämlich das Vorhandensein von nervösen korbartigen Geflechten um die Spinalganglienzellen herum (Fig. 9 (24), ähnlich wie wir es seit Jul. Arnold's Untersuchungen von der Spiralfaser bei den sympathischen Ganglienzellen wissen, und wie es schon Ehrlich auch bei den Spinalganglien angegeben hatte. Ramón meint, dass es sich auch in dem von ihm eruirten Befunde um sympathische Fasern handle. G. Fritsch (l. c. No. 13, Arch. f. mikr. Anat., Bd. 27) hat nachgewiesen, dass von den Spinalganglien verschiedener Thiere, ausser dem unzweifelhaften Nervenfortsatze, noch mehrere feine Fortsätze abgehen. Ob von allen Spinalganglienzellen, ist nicht erwiesen, sicherlich aber von einer Anzahl derselben, die damit also zu den multipolaren Zellen zu stellen wären, ähnlich den sympathischen Ganglienzellen, wie Fritsch hervorhebt. Man kann die Frage aufwerfen, ob etwa diese mehrfachen Fortsätze mit dem genannten Befunde Ehrlich's und S. Ramón's etwas zu schaffen haben.

Die Untersuchungen Kölliker's[4]), zu denen ich nunmehr übergehe, betreffen, soweit sie bis jetzt veröffentlicht worden sind, das Rückenmark, die Kleinhirnrinde und die Medulla oblongata. Sie beanspruchen eine besondere Bedeutung dadurch, dass sie einmal in sehr gründlicher und ausgedehnter Weise die genannten Gebiete durchforschen, und dass sie zum andern den bisher nur wenig berücksichtigten Angaben Golgi's und S. Ramón y Cajal's die ihnen mit vollem Recht gebührende Beachtung, wenigstens bei uns, verschafft haben. Kölliker vermochte die von Golgi und insbesondere von Ramón y Cajal gewonnenen Erfahrungen in vollem Maasse zu bestätigen und in manchen Punkten zu erweitern.

[1]) Ueber Nervenfasern in den hinteren Wurzeln, welche aus dem Vorderhorn entspringen. Anatom. Anzeiger 1890 No. 13 u. 14.

[2]) Anatom. Anzeiger 1890 No. 22, p. 631.

[3]) Pequeñas communicaciones anatómicas: 1) Sobre la existencia de terminaciones nerviosas pericelulares en los ganglios nervosos raquidianos. Gaceta médica Catalana, Diciembre 1890.

[4]) a) l. c. Rückenmark. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 51 und: b) Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. I. Beitrag: Das Kleinhirn. Zeitschr. f. wiss. Zool Bd. 49, 1890, S. 663. — c) Der feinere Bau des verlängerten Markes. Vorl. Mitth. Anatom Anzeiger 1891 No. 14 u. 15.

Was zunächst das Rückenmark anlangt, so fand Kölliker die Theilung der hinteren Wurzeln in einen aufsteigenden und absteigenden Ast, sowie deren von Ramón beschriebene Collateralen durchweg vorhanden. Die abwärts umbiegenden Aeste sollen nach Kölliker nach längerem oder kürzerem Verlaufe in die graue Substanz eindringen, um dort mit Endbäumchen zu endigen, die aufwärts umbiegenden in gleicher Weise in der Medulla oblongata. Die Collateralen der hinteren Wurzeln sah er nur mit freien Endbäumchen aufhören, niemals fand er einen anastomotischen Zusammenhang mit Zellenausläufern, wie er u. a. von Kutschin, Freud, Klausner und Joseph angegeben wurde. Bezüglich der eben erwähnten, von Lenhossek und Ramón y Cajal neuerdings aufgefundenen dorsalen Wurzelfasern, welche von Vorderhornganglienzellen entspringen und das Spinalganglion einfach durchsetzen (Fig. 2 (2), meint Kölliker, dass sie unzweifelhaft centrifugal wirkend seien und dem Sympathicus zugerechnet werden müssen. Er selbst vermochte sie bis jetzt nicht zu bestätigen.

Sämmtliche Collateralen aller Stränge endigen in Endbäumchen so, dass die einzelnen Reiser mit einem Knöpfchen versehen sind, wie bei den Endigungen in der motorischen Endplatte. Niemals zeigten sich Anastomosen benachbarter oder entfernterer Collateralen und deren Endbäumchen. Letztere treten an die Ganglienzellen zwar dicht heran, verbinden sich jedoch niemals mit denselben oder mit deren Ausläufern. Es ist wahrscheinlich, dass die longitudinalen Strangfasern des Rückenmarkes in ihrem ganzen Verlaufe Collateralen abgeben, und zwar in Abständen von 1—4 mm oder noch dichter gedrängt. Die in das Vorderhorn eindringenden Collateralen der hinteren Stränge und hinteren Wurzeln bezeichnet Kölliker als „Reflexcollateralen". Die Vorderstrangcollateralen gehen in alle Theile der grauen Hörner ein, die Seitenstrangcollateralen insbesondere in die Hinterhörner und in die Clarke'schen Säulen.

Direkte Umbiegungen der longitudinalen Fasern der Vorderseitenstränge in Querfasern zur grauen Substanz kommen häufig vor, dieselben gehören entweder centrifugalen Pyramidenfasern an, welche in der grauen Substanz mit Endbäumchen aufhören (Fig. 4 A. 1 und 2) oder centripetalen Kleinhirnseitenstrangfasern, die im Rückenmarke als Nervenfortsätze der Clarke'schen Zellen entspringen [Fig. 3 (6)].

Was die Zellen anlangt, so findet Kölliker an den Nervenfortsätzen der vorderen Wurzelfaserzellen bei einzelnen eine geringe Verästelung; er vermuthet, dass die Seitenäste ebenfalls in vordere Wurzelfasern übergehen, eine Zelle also mehreren motorischen Fasern den Ursprung gewährte [Fig. 5 (8)]. Ist dem so, und sind zugleich die Protoplasmafortsätze (Dendriten, His) nicht nervöser Natur, so würde demnach keine einzige motorische Nervenfaser einen direkten Zusammenhang mit der Hirnrinde haben.

Die zu den Vorderseitensträngen gehörigen Strangzellen sind besonders in den Stilling-Clarke'schen Säulen vertreten; ihre

Nervenfortsätze sind theils verästelt, theils unverästelt. Die Mehrzahl derselben biegt, wie Golgi entdeckte und eben erwähnt wurde, einfach centripetal in eine longitudinale Faser um, andere theilen sich (s. die vorhin erwähnten Angaben Ramón's) gablig in einen auf- und absteigenden Ast, wie die hinteren Wurzelfasern [Fig. 3 (5)]. Die in der vorderen Commissur gekreuzt verlaufenden Nervenfortsätze der Strangzellen ziehen alle in die Stränge, kein einziger geht zu den austretenden vorderen Wurzelfasern.

In der Mehrzahl der Fälle (s. bei Kölliker, Rückenmark, l. c. p. 28 Absatz 4) geben die Nervenfortsätze dieser Strangzellen noch Seitenäste ab, welche sich wie die Collateralen verhalten und mit Endbäumchen endigen [s. Fig. 9 (9_2)].

Die Golgi'schen Zellen fand Kölliker ebenso wie ihr Entdecker und Ramón; ihre Fortsätze laufen zwar frei aus, doch, verschieden von den Endbäumchen der Collateralen, mit mehr langgezogenen Theilungen und freien spitzen Enden.

Das hohe Interesse, welches die Golgi-Ramón'schen Untersuchungen nothwendig erregen mussten, hat sie auch bald auf andere Theile des Centralnervensystems, auf die peripheren Nervenenden, und auf die Sinnesorgane ausdehnen lassen. Golgi und die Brüder S. u. P. Ramón y Cajal selbst, Kölliker, Retzius, Golgi's Schüler L. Sala u. a. haben theils das Gross- und Kleinhirn, theils die Muskelnervenenden und sensiblen Nervenenden, dann die Retina und das Olfactoriusgebiet, die Spinal- und sympathischen Ganglien in das Bereich ihrer Untersuchungen gezogen. Zuletzt, scheint es, ist erst die Medulla oblongata an die Reihe gekommen, von der auf dem jüngst in München abgehaltenen Anatomencongresse Kölliker treffliche Präparate vorlegte, welche ganz ähnliche Verhältnisse wie beim Rückenmark darthaten. Ich verweise hier auf die citirte vorläufige Mittheilung im anatomischen Anzeiger, welche erst während der Correctur dieses Aufsatzes in meine Hände kam.

In aller Kürze seien die wichtigsten Punkte hier zusammengestellt. Für das Cerebellum liegen vor die Angaben Golgi's[1]), Ramón's y Cajal[2]) und Kölliker's[3]). Golgi lehrte uns mit

---

[1]) C. Golgi, 1) Sulla struttura della sostanza grigia del Cerevello. Centralblatt f. die med. Wissenschaften 1873; 2) Sulla fina anatomia del cervelleto umano. Ebendas. 1874 und 3) Studii sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. Editore Hoepli, Milano 1885/86.

[2]) S. Ramón y Cajal, 1) Rivista trimestrial de Histologia norm. y patologica 1888 und 1889. — 2) Sur l'origine et la direction des prolongations nerveuses de la couche moléculaire du cervelet. Internationale Monatsschrift, Bd. VI, 1889 p. 158, — 3) Sur les fibres nerveuses de la couche granuleuse du cervelet et sur l'évolution des éléments cérébelleux. Ebend. Bd. 7 p. 12, 1890. — 4) A propos de certains éléments bipolaires du cervelet avec quelques détails nouveaux sur l'évolution des fibres cérébelleuses. Ebend. p. 447.

[3]) Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. I. Beitrag: Das Kleinhirn. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie Bd. 49, p. 663, 1890.

seinem Verfahren hier eine ungeahnt reiche Verästelung der distalen zur Kleinhirnoberfläche gerichteten Fortsätze der Purkyně'schen Zellen — es sind dieses deren Protoplasmafortsätze — kennen [Fig. 6 (1a)], und ich muss gestehen, dass, obwohl mir die J. v. Gerlach'schen schönen Präparate und die von G. Denissenko, welcher 1877 in meinem Strassburger Laboratorium arbeitete[1]), eine äusserst reiche Verästelung gezeigt hatten, ich dennoch überrascht war, als mir Dr. W. Zimmermann, Assistent am hiesigen anatomischen Institute, die von ihm nach Golgi's Verfahren angefertigten Präparate vom Kleinhirn vorlegte. Man vergleiche auch die schöne Abbildung Kölliker's l. c. Tafel 32 Figur 13. Ferner beschrieb Golgi genauer die Verästelung der Axencylinderfortsätze, welche von mir zuerst angegeben worden war (s. das vorhin bemerkte). Die Protoplasmafortsätze gehen, ungeachtet ihrer ausserordentlich reichen Verzweigungen, keine bislang nachweisbaren Verbindungen ein; nur lässt sie Golgi in Uebereinstimmung mit seinen Ansichten über ihre Bedeutung zum Theil an die bindegewebigen Begrenzungen des Kleinhirns und an die Wandungen der

Fig. 6.

[1]) Zur Frage über den Bau der Kleinhirnrinde bei verschiedenen Classen von Wirbelthieren. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 14 p. 203, 1877.

Gefässe sich ansetzen; ihre Function ist wie die der sonstigen Protoplasmafortsätze noch völlig dunkel geblieben.

Die Zahl der Seitenzweige des zur Körnerschicht strebenden Axencylinderfortsatzes [Fig. 6 (1b)] ist gering, die Zweige selbst sind, wie ich (l. c.) bereits angegeben hatte, sehr fein; ein Theil derselben läuft zur Molecularschicht des Cerebellums zurück (Golgi, Ramón, Kölliker). Der Nachweis, dass der eine oder der andere dieser Seitenzweige des Purkyně'schen Nervenfortsatzes zum Axencylinder einer Nervenfaser werde, ist noch nicht erbracht; für den Stammfortsatz selbst ist es sicher.

Als unzweifelhaft nervöse Elemente müssen ausser diesen merkwürdigen Zellen, welche, wie bemerkt, mit zu den ersten Ganglienzellen zählen, die man entdeckt hat, noch folgende gelten: 1) Die weitaus grösste Menge der sogenannten „Körnerzellen", wie dies bereits von J. Gerlach (Mikroskopische Studien aus dem Gebiete der menschlichen Morphologie, Erlangen, 1858) und mir (l. c.) angenommen worden war, [Fig. 6 (2, 2)]. 2) Ein grosser Theil der kleinen Zellen der sogenannten Molecularschicht des Kleinhirns [Fig. 6 (3 und 4)]. Golgi wies zuerst die Axencylinderfortsätze dieser Zellen mit Bestimmtheit nach, so dass nach den durch S. Ramón und Kölliker erfolgten Bestätigungen kein Zweifel an ihrer nervösen Natur mehr bestehen kann.

Bekanntlich lassen sich in der Kleinhirnrinde drei concentrisch gelagerte Schichten unterscheiden, das centrale Marklager [Fig. 6 (M)], welches von der Körnerschicht [Fig. 6 (2, 2)] umgeben wird, diese wieder nach aussen von der grauen Rinde oder Molecularschicht, [Fig. 2 (MS.)], der dann die Pia mit ihrer Subpialschicht aufliegt. Nimmt man eine einzelne Windung heraus, so werden bei der Beschreibung der Faserrichtungen zweckmässig die radiäre und die tangentiale Richtung unterschieden; die tangentialen Fasern können wieder in die queren und longitudinalen getheilt werden.

Die linke Hälfte der schematischen Figur (6) stellt die Elemente so dar, wie sie auf dem Querschnitte gesehen werden, die rechte Hälfte entspricht der Anordnung im Längsschnitte, G G ist die Grenzlinie zwischen diesen beiden Hälften. Wir sehen links im Marklager (M) die weissen markhaltigen Nervenfasern in radiärer Richtung fächerförmig nach allen Seiten ausstrahlen in die Körnerschicht 2, 2, hinein, deren Elemente bei schwacher Vergrösserung als kleine rundliche, dicht gelagerte Zellen erscheinen, zwischen denen sich die radiären Nervenfasern verlieren. An der Grenze der Körnerschicht gegen die Molecularschicht verläuft eine dünne Lage quer gerichteter tangentialer Nervenfasern (Querfasern, quere Tangentialfasern (5, 5, 5) der Figur), die natürlich auf der rechten Seite der Figur, welche ja einem Längsschnitte entspricht, quer getroffen, als Punkte erscheinen müssen (5,5). Umgekehrt sieht man in der linken Hälfte der Figur in der tieferen Lage der Molecularschicht zahlreiche quergetroffene longitudinale Tangentialfasern (6, 6 in der Figur), welche natürlich in der rechten Hälfte wirklich

als longitudinale Fasern erscheinen (6, 6). Endlich sieht man die radiären Fasern mit kleinen Strahlenbüscheln ebenfalls in die Molecularschicht eintreten und dort mit baumförmigen zarten Verästelungen aufhören (7, 7, in der Figur).

So gestaltet sich die Anordnung der Nervenfaserzüge.

In der Molecular- und Körnerschicht sind nun ausser den Neurogliaelementen zwischen diesen Fasern noch zahlreiche Nervenzellen eingeschoben, deren wir drei Abtheilungen unterscheiden können: 1) Die Nervenzelllen der Körnerschicht, 2) die Nervenzellen der Molecularschicht und 3) die zwischen beiden, an der Grenze der Molecular- und Körnerschicht eingeschobenen, nur in einer einzigen Lage vorhandenen grossen Purkyne'schen Zellen [Fig. 6 (1)], von denen schon mehrfach die Rede war. Um den Charakter der Körnerschicht, wie er schwächeren Vergrösserungen erscheint, hervortreten zu lassen, sind in dem am meisten links gelegenen Theile der Figur die Zellen derselben in dichter Lagerung als einfache kleine rundliche Gebilde wiedergegeben worden (2, 2), während sonst, im Interesse der Deutlichkeit und des schnellen Verständnisses, die einzelnen Zellenarten in wenigen Exemplaren in unverhältnissmässig stärkerer Vergrösserung gezeichnet worden sind.

Wir sehen drei Purkyne'sche Zellen [Fig. 6 (1, 1, 1)], dieselben verästeln sich, wie schon Henle fand, nur in den Querebenen. Die am meisten links gelegene Zelle ist völlig mit allen Einzelheiten gezeichnet worden, wie wir sie an gelungenen Golgischen Präparaten wahrnehmen. Wie man sieht, entsendet sie nach der Molecularschicht einige starke Protoplasmafortsätze (1a), welche sich in reicher Weise in dieser Schicht bis zur äussersten Rinde hin verästeln, während zur Körnerschicht hin der feine nur wenig verästelte Nervenfortsatz zieht; ein oder der andere der Seitenäste des Nervenfortsatzes wendet sich, wie bemerkt, auch rückläufig wieder zur Molecularschicht.

Die Zellen der Körnerschicht lassen sich als kleinere und grössere unterscheiden. Schon Gerlach und ich selbst haben den weitaus grössten Theil dieser Körnerschichtzellen vor nunmehr 30 Jahren für nervös erklärt; später zeigte Denissenko, dass ein Theil dieser Zellen bei Hämatoxylin-Eosinfärbung blau, ein anderer roth gefärbt wird; die sich blau färbenden Zellen hält er für nicht nervöse, die Eosinzellen seien nervös; ausser diesen Eosinzellen beschreibt er noch grössere von ihm ohne weiteres als Ganglienzellen bezeichnete Elemente in der Körnerschicht. Die neueren Untersuchungen S. Ramón's und Kölliker's, dessen ausführlichen Mittheilungen ich besonders folge, haben bestätigt, dass der grösste Theil dieser Zellen in der That nervöser Natur ist, und dass zweierlei Zellen vorhanden sind, kleinere, welche die Mehrzahl bilden, und grössere. Inwiefern diese beiderlei Zellen den von Denissenko beschriebenen entsprechen, vermag ich zur Zeit noch nicht zu sagen. Es ist mir wahrscheinlich, wenn ich Denissenko's Beschreibungen

wieder vergleiche, dass seine Eosinzellen den kleineren, seine Ganglienzellen den grösseren Nervenzellen S. Ramón's und Kölliker's entsprechen. Die in der Figur mit 8 bezeichneten kleinen Zellen haben mehrere Protoplasmafortsätze (8_2) und einen Axencylinderfortsatz (8_1), welcher in die Molecularschicht eintritt und sich dort T förmig in zwei longitudinal verlaufende Fasern (6, 6) spaltet, ähnlich wie es von vielen Strangzellen des Rückenmarkes erwiesen ist. Fraglich bleibt, ob sämmtliche longitudinale Rindenfasern (6, 6) des Kleinhirns in dieser Weise mit den genannten Zellen zusammenhängen (Kölliker). Die grossen Zellen (9) der Körnerschicht ähneln in ihrem Verhalten mehr den Purkyně'schen Elementen, doch haben sie wieder ihre ganz eigenartige Besonderheit in der ausserordentlichen Verästelung ihrer Nervenfortsätze (9_1), welche, im Gegensatze zu den kleinen Zellen und entsprechend den Purkyně'schen Zellen, zur Körnerschicht gerichtet sind, während die Protoplasmafortsätze sich zur Molecularschicht begeben; sie verzweigen sich dort reichlich, jedoch lange nicht so, wie die Dendriten der Purkyně'schen Zellen.

Wie bemerkt, ist besonders auffällig ihre Nervenfortsatzverästelung. Besonders schöne Präparate davon legte auf der letzten Anatomenversammlung in München (1891) Prof. van Gehuchten uns vor. Diese Zellen stehen also, während sie den Purkyně'schen bezüglich des Verlaufes ihrer Fortsätze gleichen, bezüglich der Verästelungsweise der letzteren zu ihnen in einem gewissen Gegensatze.

Auch die Molecularschicht zeigt sich im Lichte der Golgi-Präparate mit zweierlei Zellen ausgerüstet. Die einen sind klein, mit gering verästigtem Protoplasmafortsatz und kleinem Nervenfortsatz, über dessen Verlauf man noch nichts bestimmtes erfahren hat [Fig. 6 (4)]. Die anderen sind grösser und zeigen ein sehr merkwürdiges, insbesondere von S. Ramón y Cajal und Kölliker erforschtes Verhalten [Fig. 6 (3)]. Ihre Protoplasmafortsätze (3a) verlaufen ziemlich reich verästelt in der Molecularschicht, ihr Axencylinderfortsatz, sehr fein vom Zellkörper entspringend, verdickt sich allmählich und läuft in quertangentialer Richtung dicht oberhalb mehrerer Purkyně'scher Zellen dahin, zu denen er dann Zweige sendet, welche mit zahlreichen feinen Verästelungen nach Art eines Korbgeflechts die Purkyně'schen Zellkörper umspinnen [Fig. 6 (3 b)]. Kölliker bezeichnet geradezu diese Bildungen als „Faserkörbe".

Vermuthlich hat bereits Denissenko diese Bildungen vor Augen gehabt, wenn er sagt (p. 220 l. c.), dass um die Purkyně-schen Zellen ein Raum vorhanden sei, in welchem sich ein Knäuel dicht verfilzter Nervenfäden befinde. Auch hat Denissenko unzweifelhaft den Axencylinderfortsatz dieser Zellen gesehen, wenn er, p. 226, angiebt, dass „beim Hunde von den peripheren Zellen, oder, besser gesagt, Kernen, feine, schön gefärbte glatte, untereinander parallel verlaufende Fasern durch die ganze Dicke der

moleculären Schicht abgehen, die an der Grenze der Körnerschicht seitwärts abbiegen und sich in einer unbekannten Weise verlieren". Von Ramón y Cajal und von Kölliker ist nunmehr mit den vervollkommneten Methoden der Neuzeit dies besser aufgeklärt worden.

Knüpfen wir die vorliegenden Befunde vom Kleinhirn an die beim Rückenmarke erörterten Verhältnisse an, so zeigt sich wieder, dass die Protoplasmafortsätze nirgends Verbindungen mit anderen nervösen Elementen als mit den zugehörigen Zellenleibern eingehen. Kölliker hebt das unter anderem wiederholt hervor. Ich muss das hier für das Kleinhirn besonders betonen, da wir gerade hier, bei den Purkyně'schen Zellen, Gebilde mit ausserordentlich entwickelten Protoplasmafortsätzen vor uns haben. Ferner sehen wir wieder eine endbäumchenähnliche Verästelung von Nervenfasern: die Radiärfasern und die Faserkörbe um die Purkyněschen Zellen, ohne continuirlichen Zusammenhang der Elemente, sowie Tförmige Gabelung und reichliche oder spärlichere Verästelung auch der Nervenfortsätze, alles Dinge, die uns auch im Rückenmarke begegnet sind. Leider vermögen wir für das Kleinhirn uns noch keine bestimmte Vorstellung über die Bedeutung der einzelnen Theile zu bilden.

Ueber die Grosshirnrinde, welche von allen Theilen des Centralnervensystems uns naturgemäss am meisten interessiren muss, haben wir bekanntlich von Meynert, dem wir ja die Eröffnung der neuen, seitdem mit so grossem Erfolge betretenen Bahnen in der feineren Anatomie des Gehirns verdanken, eine zutreffende und zur Grundlage gewordene Kenntniss der Schichten erhalten (S. Stricker's Handbuch der Gewebelehre, Leipzig 1871, Artikel: Vom Gehirne der Säugethiere, s. bes. p. 703 ff.), welche allen neueren Darstellungen zu Grunde liegt. Ergänzungen und Erweiterungen lieferten in unseren Tagen: Golgi ll. cc., Martinotti[1]), S. Ramón y Cajal[2]), L. Sala[3]) P. Flechsig[4]) und G. Retzius[5]).

---

[1]) Beitrag zum Studium der Hirnrinde und dem Centralursprung der Nerven. Aus Golgi's Laboratorium. Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie Bd. VII 1890 p. 69 und — in italienischer Sprache — Annali di freniatria e scienze affini del R. Manicomio di Torino 1889.

[2]) Textura de las circunvoluciones cerebrales de los mamiferos inferiores. Gaceta médica Catalana del 15. Diciembre 1890. — Sobre la existencia de colaterales y de bifurcaciones en las fibras de la sustancia blanca de la cortesa gris del cerebro. Ibid. 20. Diciembre 1890.

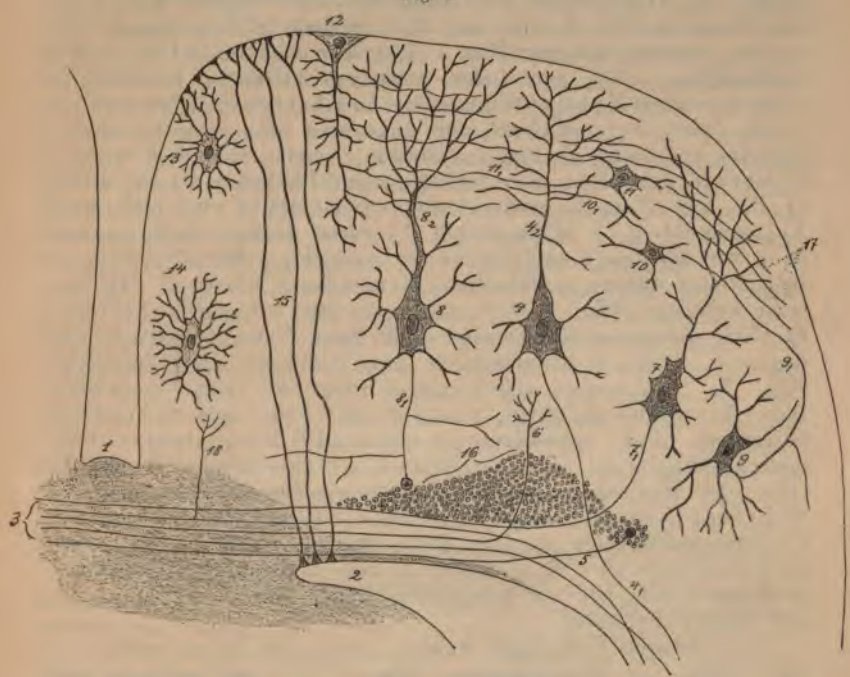
[3]) Zur feineren Anatomie des grossen Seepferdefusses. Aus Golgi's Laboratorium. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 52. Bd. p. 18, 1891.

[4]) Ueber eine neue Färbungsmethode des centralen Nervensystems. Ber. d. Königl. Sächsischen Akad. d. Wisschsch. und Arch. für Anat. und Physiol., Physiol. Abtheil. 1889, Heft 5 und 6.

[5]) Retzius, G., Ueber den Bau der Oberflächenschicht der Grosshirnrinde beim Menschen und bei den Säugethieren. Biologiska föreningens förhandlingar (Verhandlungen des biologischen Vereins in Stockholm. Bd. III No. 4–6, 1891).

Die Angaben Ramón's gehen am weitesten. Ihm zufolge sind wesentlich drei Zellenformen anzunehmen: a) Die bekannten grossen Pyramidenzellen [Fig. 7 (4, 8, 7)], b) spindelförmige, dreieckige und polygonale Formen in den oberen Rindenschichten [Fig. 7 (10, 11)], c) tiefergelegene, dreieckige oder spindelförmige Zellen [Fig. 7 (9)]. Die grossen Pyramidenzellen haben, wie besonders neuerdings Retzius gezeigt hat, eine ausserordentlich reiche Verästelung ihres Protoplasmafortsatzes zur Rinde hin, wo sie bis zur Subpialschicht vordringen. — Die beigegebene schematische Figur (7) versucht mit der Zelle 8 ein Beispiel dieser Art zu skizziren;

Fig. 7.



man sieht deren Protoplasmafortsatz in der äusseren Rinde ungemein reich sich verästeln. Die Beziehungen, welche auch hier Golgi und seine Schüler Martinotti und Sala zu Bindegewebe und Blutgefässen annehmen, vermochten weder Ramón y Cajal noch Retzius zu bestätigen. Retzius vergleicht das dichte Ast- und Flechtwerk, welches durch die so reiche Verästelung des Nervenfortsatzes der Pyramidenzellen entstehen muss, direkt mit der sogenannten Leydig'schen Punktsubstanz der Wirbellosen (s. w. u.). Die ausserordentliche Menge der Protoplasmafortsätze, ihr verschiedener Verlauf u. a. lässt Retzius die Frage aufwerfen, ob denn

in der That alle Protoplasmafortsätze die gleiche Bedeutung haben, und in welcher Beziehung sie zu den Seitenästen der Nervenfortsätze stehen. Aehnlich äussert sich wie wir vorhin angaben, Kölliker. Es sind ja dieses, wie wir schon wiederholt hervorheben mussten, noch die dunkelsten Punkte in der Nervenanatomie.

Für den Verbleib des mit Collateralen versehenen Axencylinderfortsatzes hatte Flechsig vor zwei Jahren den Nachweis geliefert, dass diese Collateralen in Axencylinder markhaltiger Nervenfasern übergehen. S. Ramón y Cajal giebt den Nervenfortsätzen der Pyramidenzellen im wesentlichen einen dreifachen Verlauf: 1) biegen [Fig. 7 (8_1)] die Nervenfortsätze der grössten Pyramidenzellen in Axencylinder der longitudinalen weissen Markfasern der Hirnrinde [Fig. 7 (16)] um, 2) biegen sie in Balkenfasern um, welche entweder gekreuzt [Fig. 7 (7_1)] oder ungekreuzt [Fig. 7 (4_1)] weiterziehen. Von den tiefer gelegenen kleineren Rindenzellen zeigte besonders Martinotti, dass sie, umgekehrt wie die Pyramidenzellen, ihren Nervenfortsatz zur äussersten Rindenschicht senden. Derselbe entspringt [s. Fig. 7 (9 und 9_1)] meist von dem basalen Zellenende, geht dann aber rückläufig zur Rindenoberfläche, wo er in die von Remak entdeckten, von Kölliker (Mikroskopische Anatomie Bd. II, 1. Hälfte p. 477 ff.) zuerst genauer beschriebenen, dann von Meynert und Exner in ausgiebiger Weise bestätigten tangentialen dünnen markhaltigen Nervenfasern übergeht. In dieselbe Faserlage [Fig. 7 (17)] ziehen ein die übrigen mehr oberflächlich gelegenen Rindenzellen mit ihren Nervenfortsätzen, von denen S. Ramón hauptsächlich zwei Formen, eine spindelige [Fig. 7 (11)] und eine eckige [Fig. 7 (10)] beschreibt. Ihre Axencylinderfortsätze sind in der Figur mit 10_1 und 11_1 bezeichnet. Sehr merkwürdig ist ein Fund S. Ramón's (l. c. Gaz. medica Catalana 15. Diciembr. 1890 l. c.), dass in der Grosshirnrinde des Kaninchens bipolare und dreieckige Nervenzellen mit mehreren Nervenfortsätzen vorkommen. Letztere entspringen von Protoplasmafortsätzen der in Rede stehenden Zellen; sie geben auch Seitenäste ab und verlaufen in der oberflächlichen Faserlage. S. Ramón fand nur frei auslaufende Enden dieser Nervenfortsätze und ihrer Collateralen.

Von weissen Faserzügen werden ferner als die wesentlichsten eine quere, die Balkenfaserung [Fig. 7 (3)] und daneben eine longitudinale [Fig. 7 (16)] unterschieden. Mit der longitudinalen sollen, wie erwähnt, ganz besonders die Nervenfortsätze der grossen Pyramidenzellen in Beziehung stehen, mit der Balkenfaserung andere Pyramidenzellen (s. 7 und 4 in der Figur 7), deren Fortsätze entweder an derselben Seite bleiben oder zur anderen Seite übertreten (s. das vorhin angegebene). Ausserdem treten longitudinale Fasern im Balken zur contralateralen Seite über [Fig. 7 (5)] und geben andererseits Balkenfasern Collateralen ab, welche sich in der grauen Substanz in Endbäumchen auflösen [Fig. 7 (18)], oder die Balkenfasern biegen im ganzen in ein so endendes Gebilde um [Fig. 7 (6)].

S. Ramón y Cajal, dem wir diese Angaben verdanken, macht mit Recht auf das ähnliche Verhalten der Fasern in der Commissura anterior des Rückenmarkes aufmerksam.

So begegnen wir also auch hier den wesentlichen Verhältnissen wieder, wie sie uns das Golgi'sche Untersuchungsverfahren im Rückenmarke und in der Kleinhirnrinde gezeigt hatte: den reich verästelten, niemals anastomosirenden Protoplasmafortsätzen, den mit Collateralen versehenen Nervenfortsätzen, den Collateralen der Fasern der weissen Substanz, wie z. B. im Balken, und den Endbäumchen der Fasern.

Die hervorgehobenen Thatsachen werden nun auch durch mehrere neuere hervorragende Arbeiten auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie gestützt. Es ist unmöglich, hier auf alle einschlägigen Arbeiten einzugehen, doch möchte ich einige derselben nicht unerwähnt lassen: es sind die Untersuchungen von Béla Haller[1]), Fridtiof Nansen[2]), Romeo Fusari[3]) und von G. Retzius, dessen schöne Monographie: Zur Kenntniss des Nervensystems der Crustaceen, Biologische Untersuchungen von G. Retzius, Neue Folge, Bd. I p. 1, Stockholm 1890, vor kurzem erschienen ist. Letzteres Werk enthält auch eine ergiebige und, soweit mir bekannt ist, vollständige Besprechung der einschlägigen Litteratur.

Bela Haller's Ergebnisse stimmen in manchem mit denen Golgi's überein. Er nimmt, wie dieser, einen zweifachen Ursprung der Nervenfasern an, einmal direkt aus den Nervenfortsätzen der Ganglienzellen (motorische Fasern), dann aber auch, und zwar für die sensiblen Wurzeln, aus einem Netzwerk anastomosirender fein verzweigter Fortsätze der sämmtlichen Ganglienzellen, und drittens Verbindungsfortsätze, welche eine Ganglienzelle direkt mit einer anderen verknüpfen. — Von diesen letzteren ist seltsamer Weise in allen übrigen Arbeiten kaum mehr die Rede, obgleich sie, auch bei höheren Wirbelthieren, sicher festgestellt sind (vergleiche die unter Kollmann's Leitung ausgeführte Untersuchung von J. Carrière,

[1]) 1) Untersuchungen über marine Rhiphidoglossen II. Morphologisches Jahrbuch Bd. 11, 1885. 2) Ueber die sogenannte Punktsubstanz im Centralnervensystem. Ebend. Bd. 12, 1886. 3) Beiträge zur Kenntniss der Textur des Centralnervensystems höherer Würmer. Arbeiten aus dem zoologischen Institute zu Wien Bd. 8. 4) Ueber das Centralnervensystem, insbesondere über das Rückenmark von Orthagoriscus mola. Morphol. Jahrb. Bd. 17, 1891.

[2]) 1) Bidrag till Myzostomernes Anatomi og Histologi. 2) Forelöbig Meddelese om Undersögelser over Centralnervensystemets histologiske Bygning hos Ascidierne samt hos Myxine glutinosa. Bergens Museums Aarsberetning 1885. 3) The structure and combination of the histological elements of the central nervous system. Ebend. 1886/1887. 4) Anatomie und Histologie des Nervensystems der Myzostomen. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. Bd. 21, 1887 p. 267. 5) Die Nervenelemente, ihre Structur und Verbindung im Centralnervensystem. Anat. Anzeiger 1888 p. 157.

[3]) Untersuchungen über die feinere Anatomie des Gehirns der Teleostier. Internationale Monatsschrift für Anatomie u. Physiologie 1887 Bd. 4 p. 275.

Ueber Anastomosen der Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes. Arch. f. mikr. Anat. XIV p. 125, 1877). Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte auch Eisig in seiner Monographie über die Capitelliden (Fauna und Flora des Golfes von Neapel, 16te Monographie, Berlin 1887), während Nansen's und Retzius' Befunde denen von S. Ramón y Cajal und Kölliker entsprechen. Nansen, welcher ebensowohl mit dem Mikroskope, wie mit dem Alpenstock und mit Schneeschuhen umzugehen weiss, hat schon seit 1885—1887 bei Myxine und bei verschiedenen Evertebraten die Theilung der in das Mark eintretenden hinteren Wurzelfasern gesehen, auch erwähnt er der den Collateralen Ramón's entsprechenden Seitenäste. Bezüglich der Protoplasmafortsätze stimmt er Golgi's Auffassung zu und beschreibt auch Zellen von Golgi's zweitem Typus mit frei endigenden Verästelungen. Gegen Golgi nimmt er nirgends Anastomosen zwischen der Verästelung der Nervenfasern und den Ganglienzellenfortsätzen an; doch weicht er in einem wesentlichen Punkte bezüglich der functionellen Deutung von allen übrigen Autoren ab, insofern er die Ganglienzellen nur als ernährende Apparate ansieht und die Uebertragung der Leitungen bei Reflexen sowohl wie bei den psychomotorischen und psychosensorischen Vorgängen in dem von His sogen. Nervenfilz direkt von Faser zu Faser geschehen lässt, ohne dass die Zellen dabei in Mitthätigkeit oder Mitleidenschaft gezogen werden.

Fusari's Angaben stimmen bezüglich des Ursprungs und des Verlaufes der Nervenfortsätze mit denen Nansen's überein.

Aehnliches ergeben für die meisten Punkte die eingehenden Untersuchungen von G. Retzius: Fast alle Ganglienzellen der untersuchten Crustaceen (Astacus und Palaemon) haben nur einen einzigen Fortsatz — Stammfortsatz, Retzius — sind also monopolar. Diese Stammfortsätze gehen in Nervenfasern über, entweder in longitudinal innerhalb des Centralnervensystems weiterverlaufende oder in peripher austretende. Nur am proximalen Ende der Bauchstrangganglien findet man in der Regel eine mittelgrosse bi- oder multipolare Zelle, welche einen Stammfortsatz distal in die Längscommissur schickt, während die anderen Fortsätze, die theils vom Ganglienkörper selbst, theils vom Stammfortsatz abgehen, sich in der sogenannten Leydigschen Punktsubstanz ausbreiten und entweder dort in feiner Verästelung frei enden, oder ebenso fein verzweigt an der Hülle des Bauchstranges sich festsetzen.

Allem Anschein nach gehen von den Stammfortsätzen sämmtlicher Ganglienzellen Seitenzweige zur Punktsubstanz ab, um dort fein verästelt frei zu endigen (Nebenfortsätze, Retzius).

Diese Nebenfortsätze müssen nach Retzius als nervös angesehen werden, da sonst gar keine Verbindung zwischen den verschiedenen Nervenzellen denkbar wäre. Irgendwelche Anastomosen zwischen den Verzweigungen der Nebenfortsätze sah aber Retzius ebensowenig wie Nansen; auch läugnet er bestimmt, dass irgend eine Nervenfaser aus einem Netzwerke sich entwickele; alle kommen von

Stammfortsätzen in direktem Auslaufen; dabei aber dürfte es nach Retzius jedoch keinen Stammfortsatz geben, der nicht Nebenfortsätze zur Punktsubstanz sendete. Zellen vom zweiten Typus Golgi's konnten nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. Ich freue mich, dass Retzius hier der schönen Untersuchungen meines leider so früh verstorbenen Freundes Reinhold Buchholz[1]) gedenkt, der, wenn auch in unvollkommener Weise, damals schon derartige Verhältnisse bei den Mollusken nachwies. Auch benutze ich diese Gelegenheit, um einen Irrthum, in welchen ich[2]) bei meinen gleichzeitig angestellten Untersuchungen über den Ursprung der Nervenfasern gerathen war, dass ich nämlich keinen direkten Ursprung eines Axencylinders von einer Ganglienzelle gelten lassen wollte, zurückzunehmen.

Den von Retzius gezogenen Vergleichen a) der Crustaceen-Ganglienzellen mit denjenigen Ganglienzellen der Wirbelthiere, welche einen Nervenfortsatz haben — Stammfortsatz = Nervenfortsatz — ferner b) der Nebenfortsätze der longitudinal verlaufenden Nervenfasern der Krebse mit der Collateralen S. Ramon's, stimme ich gern zu. Die Aehnlichkeit der centrifugalen Fasern in ihren Verhältnissen liegt ebenfalls klar vor. Die Punktsubstanz kann mit der grauen Substanz verglichen werden. Schwieriger ist die Frage nach den Protoplasmafortsätzen, die in derselben Art wie bei den Wirbelthieren, d. h. vom Zellkörper, entspringen, bei den Krebsen aber jedenfalls sehr selten sind. Ob man die von den Stammfortsätzen entspringenden Nebenfortsätze auch mit den Protoplasmafortsätzen der Wirbelthiere vergleichen darf, wie Retzius es thut (siehe z. B. Alinea a) p. 49 l. c.), bleibt mir zweifelhaft. Ich würde eher annehmen, dass den Krebsen bis auf sehr wenige Fälle (s. die erwähnten vereinzelten Zellen am proximalen Ende der Bauchganglien) die Protoplasmafortsätze ganz abgehen. Auch die Hirndineen scheinen sich den Angaben Rohde's[3]) zufolge in gleicher Weise zu verhalten. Alle centralen Ganglienzellen bei ihnen sind monopolar, nur einzelne grosse periphere polypolar.

Bei Krebsen müssen die sensiblen Fasern genau so entspringen und enden wie die motorischen. Wie wir vorhin sahen, ist das ja bei den sensiblen Fasern der Wirbelthiere auch der Fall; nur schickt hier die Ursprungszelle (im Spinalganglion) nach zwei Seiten hin

---

[1]) Bemerkungen über den histologischen Bau des Centralnervensystems bei den Süsswassermollusken. Archiv für Anat. und Physiologie und wissenschaftl. Medicin 1863.

[2]) Untersuchungen über den Ursprung und den Verlauf des Axencylinders bei Wirbellosen und Wirbelthieren, sowie über dessen Endigung in den quergestreiften Muskelfasern. Zeitschr. f. rationelle Med. 3. Reihe, Bd. 20, 1863.

[3]) Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Polychäten. Zool. Beiträge, herausgegeben von Schneider, Breslau 1887 — ferner: Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Hirndineen. Ebenda Bd. III, Heft 1, 1891.

eine frei auslaufende Nervenfaser aus. Denn wir haben ja auch bei den peripheren Enden dieser letzteren häufig die frei auslaufenden Endbäumchen, z. B. in den sensiblen Nerven der Cornea, des Kehlkopfes, der Sehnen, der Genitalnervenkörperchen, wo sie vor kurzem noch G. Retzius[1]) nachwies, während an anderen Stellen, Tastscheiben der Grandry'schen Körperchen und Endknöpfchen in den Vater'schen Körperchen — hier sieht man jedoch öfters auch eine Verästelung, ich fand vor kurzem noch sieben Zweige einer einzigen in ein Vater'sches Körperchen eingetretenen Nervenfaser — ein zwar etwas abweichendes, immerhin jedoch freies Ende vorhanden ist. Mir ist jedenfalls, gegenüber den zahlreichen neueren gegentheiligen Erfahrungen, die Angabe von Longworth und mir über die Endigung der Endkolbennerven in Zellen zweifelhaft geworden. Die centralen sensiblen Fasern laufen mit ihren Collateralen ja alle in freie Endbäumchen aus.

Ich füge noch hinzu, dass auch die eingehenden Untersuchungen Rohde's[2]) bei Wirbellosen auch auf einen freien, unabhängigen Verlauf der Nervenfasern geführt haben, während B. Rawitz[3]) mit Entschiedenheit für eine netzförmige Verbindung eintritt.

Als ich bereits diesen Aufsatz druckfertig hergestellt hatte, erschien die unmittelbar zu den Retzius'schen Untersuchungen zu stellende Arbeit Biedermann's[4]). Es wurden mit der Ehrlich-schen Methylenblaumethode zwei Crustaceenspecies (Astacus fluv. und Oniscus murar.) und zwei Anneliden (Hirudo medic. und Nereis pelagica) behandelt. Die Ergebnisse stimmen mit denen von Retzius in wesentlichen Punkten überein. Die grosse Mehrzahl der Zellen erwies sich nach dem ersten Golgi'schen Typus gebaut mit nur einem Nervenfortsatze und ohne Protoplasmafortsätze, also monopolar. Der Nervenfortsatz trat entweder als Nervenwurzelfaser aus oder lief, Collateralen abgebend, in der Längscommissur weiter. Nur eine einzige Zelle wurde bei Hirudo gefunden, welche drei Fortsätze besass, über deren Verlauf jedoch nichts genaueres herausgebracht wurde. Die Zellen des zweiten Golgi'schen Typus, welche mit ihren Verzweigungen noch innerhalb des Centralnervensystems aufgehen und keine Faser aus dem Bereiche desselben heraussenden, waren bei Astacus zahlreich, bei den Würmern selten. Dass die

---

[1]) Ueber die Endigungsweise in den Genitalnervenkörperchen des Kaninchens. Internationale Monatsschr. f. Anat. und Physiologie 1890, Bd. 7, Heft 8.

[2]) Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Polychäten. Zool. Beiträge, herausgegeben von Schneider, Breslau 1887 — ferner: Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Hirndineen. Ebenda Bd. III, Heft 1, 1891.

[3]) Rawitz, B., Das centrale Nervensystem der Acephalen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. 20.

[4]) Biedermann, Ueber den Ursprung und die Endigungsweise der Nerven in den Ganglien wirbelloser Thiere. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaften 1891 Bd. 25 p. 429.

gröberen Verzweigungen der Nervenfortsätze nirgends anastomosirten, stellte Biedermann, wie seine Vorgänger fest; ob aber nicht zwischen den feineren netzförmige Anastomosen vorkommen, will er nicht entscheiden, lässt diese wichtige Frage also offen.

Des weiteren können die Verhältnisse bei den höheren Sinnesnerven zur Stütze der Auffassungen von Golgi (z. Th.), P. und S. Ramon[1][2]) und Kölliker herangezogen werden. Pedro und S. Ramon, ferner Dogiel[3]), van Gehuchten[4]) und B. Grassi und Castranuovo[5]) haben den unmittelbaren Zusammenhang von Olfactoriusfasern mit den Max Schultze'schen Riechzellen dargethan. Neuerdings hat v. Brunn,[6]) dessen schöne Präparate ich einzusehen Gelegenheit hatte, dasselbe vom Menschen über allen Zweifel gestellt. Am klarsten sind in dieser Beziehung die Bilder S. Ramón's und v. Brunn's. Von den epithelialen Riechzellen laufen nun diese Nervenfasern zu den Glomeruli olfactorii (Golgi, S. Ramón), um hier frei mit Endbäumchen aufzuhören. Die schönen Untersuchungen von His[7]) ergänzen diesen Befund, indem sie ergeben, dass die Olfactoriusfasern vom Riechepithel aus zum Gehirn hin sich entwickeln. Weiterhin enden nun in den Glomeruli auch mit freien Reisern die Ausläufer von Zellen gangliöser Art, die wiederum Fasern zum Tractus senden, welche in diesem zum Gehirn verlaufen.

In der Netzhaut, dem Tractus und Lobus opticus der Vögel fand S. Ramón[8]) folgende Verhältnisse: die Stäbchen- und Zapfenfasern hängen nicht continuirlich mit irgend einem anderen Retinalelement zusammen; ihre zur inneren Körnerschicht gewendeten Enden laufen dort verästigt und frei aus; ebensolche freie Ausläufer haben dort die bipolaren Ganglienzellen der inneren Körnerschicht, und zeigen auch solche in der Molecularschicht, wo sich auch freie Ausläufer der Opticusganglienzellen finden, von denen ein Theil der

---

[1]) Pedro Ramón y Cajal, Notas preventivas sobre la estructura de los centros nerviosos; II: Estructura del bulbo olfatorio de las aves. Gaceta sanit. de Barcelona, 10. Setiembre 1890.

[2]) S. Ramón y Cajal, Nuevas aplicaciones del método de coloracion de Golgi, Terminaciones del nervio olfatorio. Setiembre 1889, Barcelona. — Origen y terminacion de las fibras nerviosas olfatorias. Gaceta med. Catalana, 15. Diciembre 1890.

[3]) Archiv f. mikrosk. Anatomie 29. Bd. 1887.

[4]) van Gehuchten, A., Contributions à l'étude de la muqueuse olfactive chez les mammifères. „La Cellule", T. VI. 1891.

[5]) Archiv f. mikrosk. Anatomie 34. Bd. 1889 Dec.

[6]) v. Brunn, Nervenendigung im Riechepithel. Sitzungsber. der naturforschenden Gesellschaft in Rostock vom 30. Juli 1891 — s. Rostocker Zeitung 1891, August.

[7]) Ueber die Entwickelung des Riechlappens und des Riechganglions und über diejenige des verlängerten Markes. Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft zu Berlin, 10.—12. October 1889. Jena, Fischer, p. 63—66. S. a. Anat. Anzeiger 1889.

[8]) Sur la morphologie et les connexions des éléments de la rétine des oiseaux. Anat. Anzeiger 1889 No. 4.

Opticusfasern entspringen, um zum Hirn zu verlaufen; dort enden sie frei mit Endbäumchen. Dies wäre die centripetale Bahn und in dieser die Leitung nur durch Contiguität gesichert. Nirgends (gegenüber Tartuferi) fand S. Ramón Anastomosen. Wie beim Olfactorius, wo ich vorhin dieser Gebilde nicht erwähnte, so giebt es auch in der Netzhaut Fasern, die centrifugal zur Retina laufen, um dort mit freien Enden in der inneren Körnerschicht aufzuhören. Die Bedeutung dieser centrifugalen Zellen ist sowohl für den Olfactorius, wie für den Opticus noch unklar. Immerhin liegen aber die Verhältnisse hier sonst ähnlich, wie beim Centralnervensystem.

Wenn wir noch einen raschen Blick auf die histogenetische Entwickelung der Centralorgane werfen, so werden wir auch bei dieser manches finden, was die entwickelten Ansichten zu stützen geeignet erscheint. Ich darf mich wohl, ohne anderen verdienten Forschern zu nahe zu treten, in dieser übersichtlichen Darstellung auf die Angaben von Vignal[1]), W. His — Histogenese und Zusammenhang der Nervenelemente. Arch. f. Anatomie und Physiologie, anat. Abtheilung 1891 Supplementband (Zusammenstellung der in einer Reihe eingehender Abhandlungen[2]) niedergelegten Resultate) — und auf die Mittheilungen von S. Ramón y Cajal[3]) und M. v. Lenhossek[4]) beschränken.

Aus diesen Arbeiten genügt es, für die hier besprochenen Dinge folgendes hervorzuheben, worin die genannten Forscher übereinstimmen: 1) die sämmtlichen Elemente des Centralnervensystems entstehen zunächst aus einer einheitlichen ectodermalen Anlage; aus dieser gehen auch die Spinalganglien hervor. 2) Man kann alsbald in dieser Anlage zweierlei Zellen unterscheiden, die Spongioblasten und die Keimzellen (His).

[1]) Developpement des élements du système nerveux cérébro-spinal etc. Paris, 1889 (Masson).

[2]) 1) Ueber embryonale Ganglienzellen. Ber. über die Verhandl. d. K. Sächs. Ges. der Wissensch, III., IV. 1887 p. 290. — 2) Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarks und der Nervenwurzeln. Abhandl. der math.-phys. Classe der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Bd. XIII, p. 479. 1886. — 4) Ueber die embryonale Entwickelung der Nervenbahnen. Anat. Anz. III. 1888 p. 499. — 4) Die Entwickelung der ersten Nervenbahnen beim menschlichen Embryo. Arch. f. Anat. u. Physiol., anat. Abth. 1887 p. 368. — 5) Zur Geschichte des Gehirns sowie der centralen und peripheren Nervenbahnen beim menschlichen Embryo. Abhandl. der math.-phys. Classe d. Königl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. 14 1888. — 6) Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark. Ebend. Bd. 15 1889 p. 311 — s. a. Arch. f. Anat. u. Phys., anat. Abth. 1889, p. 249. — 7) Die Entwickelung des menschlichen Rautenhirns vom Ende des 1. bis zum Beginn des 3. Monats. I. verlängertes Mark. Abhandl. d. K. S. Ges. d. Wiss. Bd. 18 1890.

[3]) A quelle époque apparaissent les expansions des cellules nerveuses de la moëlle épinière du poulet? Anat. Anzeiger 1890 No. 21 u. 22.

[4]) Zur ersten Entstehung der Nervenzellen und der Nervenfasern bei dem Vogelembryo. Mittheilungen aus dem anatom. Institut im Vesalianum. Basel 1890.

Erstere, die Spongioblasten, liefern das zunächst auftretende Gerüst und erstrecken sich während der Entwickelung des Markes durch dessen ganze Dicke vom Ventrikel bis zur äusseren Oberfläche (Golgi). Nach der Meinung einiger Autoren (Lenhossek, Ramón y Cajal) sollen auch alle sonstigen Neurogliazellen, selbst diejenigen, welche man später in der Mitte des Markes zwischen den langen Ependymzellen (Epithelzellen des Ventrikels) findet, von den letzteren ausgehen, nach anderen (His, Lachi) käme später ein grösserer Antheil mesodermalen Bindegewebes hinzu und bildete einen Theil der eigenthümlichen sternförmigen Zellen. So wären z. B. nach His die Deiters'schen Pinselzellen bindegewebiger Natur.

Die weissen Nervenfasern wachsen von den Keimzellen aus und erscheinen zuerst als kegelförmige Verlängerungen derselben; diese wachsen bis zu ihrem Bestimmungsorte einfach vorwärts und tragen an ihrem freien vorwachsenden Ende eine Verdickung, von der man kleine Fortsätze ausgehen sieht (Wachsthumskegel S. Ramón.) Dieser Wachsthumskegel bildet dann später die Endbäumchen.

Die sensiblen Fasern wachsen ebenso, aber nach zwei Richtungen hin, von einer spinalen Ganglienzelle aus, so dass die Spinalganglienzellen bei sämmtlichen Geschöpfen anfangs bipolar erscheinen (His, Ramón, Lenhossek). Beide Fortsätze wachsen mit Wachsthumskegeln, der centrale zum Rückenmark, der andere zur Peripherie; an dem Ursprunge aus der Spinalganglienzelle vereinigen sie sich später (His), so dass auf diese Weise die bekannten T-Fasern Ranvier's entstehen (s. z. B. Fig. 3 B. 6, 1, 2, 3). Die Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen (Dendriten, His) erscheinen erst weit später als die Nervenfortsätze. Vignal weist nach, dass die Entwickelung der Nervenzellen und ihrer Dendriten in der Grosshirnhemisphäre weit später vor sich geht, als im Rückenmarke. S. Ramón sieht die Ganglienzellen anfangs alle bis an die Ventrikelhöhle reichen, und erst später sich davon entfernen.

Bei der Entwickelung der Sinnesorgane sieht man sowohl Nervenfasern vom Sinnesepithel zum Centrum, als auch in umgekehrter Richtung wachsen; für das System der Sehnerven haben wenigstens His und Ramón Befunde mitgetheilt, die dafür sprechen; vom Riechorgan zeigten His und A. Dohrn, dass von einem Ganglion, dem His'schen Riechganglion aus, sich Fasern entwickeln, die cerebralwärts wachsen und den in umgekehrter Richtung vom Hirn aus gebildeten Riechbulbus erreichen.

Ich erinnere auch an die von Froriep und Beard gefundene Thatsache, dass gewisse gangliöse Anlagen des Kopfes, die man für branchiale rudimentäre Sinnesorgane hält, von der Ganglienanlage aus sich entwickeln, dann aber vorübergehend mit dem Ectoderm in Verbindung treten, so dass auch von zwei Seiten her Elemente in diese Anlagen hineingelangen könnten.

Die mitgetheilten Ergebnisse der Histiogenese hatten His bereits vor den Arbeiten Ramón's zu der Ansicht geführt, dass die An-

nahme eines anastomotischen Nervennetzes nicht haltbar sei. Zur selben Anschauung gelangte Forel. Wir sehen, dass sich in diesem Punkte die Anatomie und Histogenese gegenseitig stützen.

Da das Golgi'sche Untersuchungsverfahren auch manche werthvolle neue Aufschlüsse über das Verhalten der Stütz- und Gerüstsubstanz des Centralnervensystems gegeben hat, so möchte ich der letzteren auch noch mit einigen Worten gedenken.

Dass überhaupt eine derartige Gerüstsubstanz (abgesehen von den Blutgefässen) vorhanden sei, hat für das Rückenmark zunächst, auf Reils' Anregung, in einer sehr sorgfältigen Arbeit G. G. Th. Keuffel[1]) erwiesen. Keuffel wendete nach Behandlung mit Kalilauge ein von ihm genau beschriebenes Auspinselungsverfahren an. Nach den, wenn zwar mit schwachen Vergrösserungen, aber sehr sauber gezeichneten Abbildungen zu urtheilen, hat Keuffel entschieden das sogenannte Neurogliagerüst sammt den Blutgefässen vor sich gehabt; er beschreibt gut die Unterschiede des Gerüstes in der grauen und weissen Substanz, und erklärt es für verdichteten „Zellstoff", d. i. Bindegewebe. Erst durch R. Virchow's eingehende Studien[2]) kam die Kenntniss dieser Bildung wieder erheblich vorwärts. Obwohl R. Virchow das betreffende Gewebe nach wie vor für ein Bindesubstanzgewebe hielt, waren ihm doch die Unterschiede nicht entgangen, welche zwischen dieser Gerüstsubstanz und dem gewöhnlichen Bindegewebe bestehen, und er führte deshalb den allgemein angenommenen Namen „Nervenkittsubstanz", Neuroglia, kurzweg „Glia" ein und zeigte deren Verhalten in den verschiedenen Abschnitten des Centralnervensystems. Seither hat nun das betreffende Gewebe die verschiedensten Schilderungen und Deutungen erfahren. Ich erinnere hier vor allem an die Angaben von Bidder und Kupffer[3]), welche der Glia eine ausserordentlich weite Verbreitung vindicirten, sie aber für Bindegewebe hielten, ferner an die Arbeit von J. Henle und Merkel[4]). Hier wird als Stützgerüst zum Theil fibrilläres Bindegewebe angegeben, daneben aber noch eine feinmoleculäre Masse als eine Art Grundsubstanz, die nicht bindegewebig sei; es bleibt aber unentschieden, wie man sie auffassen solle. In diese Masse seien rundliche lymphoide Zellen eingewandert, welche sich

[1]) De medulla spinali. Dissert. ing. Halae, 1810. — Deutsch: Ueber das Rückenmark. Reil's und Autenrieth's Archiv für Physiologie, Bd. 10, 1811.

[2]) 1) Ueber das granulirte Ansehen der Wandungen der Hirnventrikel. Zeitschr. f. Psychiatrie, 1846. — 2) Ueber eine im Gehirn und Rückenmarke gefundene Substanz mit der chemischen Reaction der Cellulose: Arch. f. pathol Anat. u. Physiol. Bd. 6, 1853. — S. a. 3) Gesammelte Abhandlungen. Frankfurt a./M., 1856, p. 890.

[3]) Untersuchungen über die Textur des Rückenmarkes und die Entwickelung seiner Formelemente. Leipzig, 1857.

[4]) Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. f. rationelle Medicin, 1869, p. 48.

später sowohl zu Bindegewebszellen als auch zu den Zellen der Grundsubstanz und selbst zu Ganglienzellen umwandeln könnten. Schon vorher hatte Besser[1]) in eingehender Weise einen gemeinsamen Boden für die Entwickelung der Neuroglia und der Ganglienkörper zu begründen versucht, jedoch hielt er die Glia auch noch für bindegewebiger Natur. Mit den Arbeiten von Deiters l. c., Frommann[2]), Jastrowitz[3]), Golgi[4]), Boll[5]), Ranvier[6])[7])[8]), W. Müller[9]) und Schiefferdecker[10]) gewannen wir erst richtigere Vorstellungen über den Bau dieses merkwürdigen Gewebes, insbesondere seiner Zellen. In der hervorragenden Arbeit von H. Gierke, „Die Stützsubstanz des Centralnervensystems, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25 und 26", wird uns dann eine leider unvollendet gebliebene Monographie der Neuroglia geboten. Gierke unterscheidet Gliazellen mit langen faserigen Ausläufern und, wie Schwalbe, eine homogene durchscheinende Gliagrundsubstanz (Gliasubstanz). Die Fasern verhornen später, sind verästelt und gehen Anastomosen ein. Die Ventrikelepithelzellen reichen bei jugendlichen Individuen mit ihren langen Fortsätzen bis zur Oberfläche (l. c. Bd. 25 p. 499). Es bleibt unbestimmt, ob die mehr nach aussen liegenden Gliazellen von dem ependymären primären Lager abstammen, oder sich aus embryonalen Anlagezellen neu entwickeln.

Unsicher blieben auf längere Zeit die Vorstellungen über die Entwickelung und die Zugehörigkeit der Neuroglia. Sobald man gewahr wurde, dass die Gliazellen erhebliche Unterschiede von den gewöhnlichen Bindegewebszellen zeigten, dagegen in manchen Punkten den Nervenzellen ähnelten; seit Kühne und Ewald[11]) die chemischen Unterschiede der langen Ausläufer dieser Zellen, der sogenannten

---

[1]) Zur Histogenese der nervösen Elementartheile in den Centralorganen der neugeborenen Menschen. Archiv für pathol. Anatomie und Physiologie und f. klin. Medicin, 1866, Bd. 36 p. 305.

[2]) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarkes. Jena, 1864.

[3]) Studien über die Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. Arch. f. Psychiatrie II. p. 389, 1870 u. III, p. 162, 1871.

[4]) l. c. 1871 (Rivista clinica).

[5]) Die Histologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane. Arch. f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten Bd. IV, 1874.

[6]) Sur les éléments conjonctives de la moëlle épinière. Compt. rend. de l'Acad. des Sc., Paris 1873.

[7]) De la Névroglie. Ibid. 1882, et Archives de Physiologie normale et pathologique 1883.

[8]) Leçons sur l'histologie du système nerveux, 2 Voll. Paris, 1878.

[9]) W. Müller, Ueber die Stammesentwickelung des Sehorgans der Wirbelthiere. Festschrift für C. Ludwig, 1874.

[10]) Studien zur vergleichenden Histologie der Retina. Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 28, p. 305, 1886.

[11]) Die Verdauung als histologische Methode: Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg, 1877.

Gliafasern, uns kennen gelehrt hatten, musste die Frage sich herandrängen, ob sie nicht auch aus einer anderen Anlage hervorgingen, als das Bindegewebe. Und da bot sich das Ectoderm, welches den Ganglienzellen seinen Ursprung giebt, auch für die Neuroglia dar. So viel ich weiss, war Alexander Götte der erste, der in seiner grossen Monographie über die Entwickelungsgeschichte der Unke (Bombinator igneus), Leipzig 1875, p. 275 ff., genau dargelegt hat, dass die Gliaelemente aus denselben Anlagezellen hervorgehen, aus denen auch die Nervenzellen und Nervenfasern sich bilden; Götte nennt indessen die Glia noch eine „bindegewebsartige Zwischensubstanz". Im selben Jahre hatte auch G. Fritsch[1]) auf die Zusammengehörigkeit der Neuroglia und der nervösen Elemente hingewiesen. Bald darauf sprach auch M. Duval[2]) die Glia für eine rein ectodermale Bildung an. Kölliker[3]) giebt zwar den ectodermalen Ursprung der Neuroglia zu, sieht aber keine Schwierigkeit darin, sie dennoch den einfachen Bindesubstanzen zuzuzählen. Es dürften heute wohl alle Autoren — ich erwähne noch Schwalbe (Neurologie, 1881 p. 304), welcher die Epithelzellen des Centralcanals und die von ihm angenommene homogene Grund- oder Kittsubstanz vom Ectoderm ableitet, für die Gliazellen mit Henle und Merkel aber einen Ursprung aus Wanderzellen für sehr wahrscheinlich erachtet, Stricker und Unger[4]), Ludw. Löwe[5]), Renaut[6]), Falzacappa[7]), Magini[8]), Lahousse[9]) und Burckhardt[10]) — bezüglich des ectodermalen auf gemeinsamem Boden mit

[1]) Fritsch, G., Bericht über eine wissenschaftliche Expedition nach Kleinasien. Monatsberichte der Kgl. Preuss. Akad. d. Wissensch. v. 19. Juli 1875.

[2]) Recherches sur le sinus rhomboidal des oiseaux et sur la nevroglie periépendimaire. Journ. de l'Anatomie et de la physiologie par Ch. Robin 1877.

[3]) Die embryonalen Keimblätter und die Gewebe. Zeitschrift f. wissensch. Zool. Bd. 40, 1884.

[4]) Untersuchungen über die Entwickelung der cerebralen Nervengewebe. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. 80, Abth. 3, Nov. 1879.

[5]) Beiträge zur Anatomie und zur Entwickelungsgeschichte des Nervensystems der Säugethiere und des Menschen. Berlin 1880 (Vol. I.) und 1883 Vol. II.

[6]) Recherches sur les centres nerveux amyéliniques. Archives de Physiologie normale et pathologique Paris 1882, T. IX. p. 596.

[7]) Genesi della cellula specifica nervosa e intima struttura del sistema nervoso centrale degli uccelli. Bollett. dei naturalisti, Napoli 1888. — Ricerche istologiche sul midollo spinale. Rendiconto della R. Accademia dei Lincei, 1889, Maggio.

[8]) Ricerche istologiche sul prolungamenti delle cellule epiteliali dell' ependima. Bollett. della R. Accad. med. di Roma T. X, 1889. — 2) Sulla natura dell' epitelio ependimale. Ibd. 1890. — 3) Ulteriori ricerche istologiche sul cervello fetale. Atti della R. Accademia dei Lincei 1888.

[9]) La cellule nerveuse et la névroglie. Anatomischer Anzeiger 1886, p. 114.

[10]) Histologische Untersuchungen am Rückenmark von Tritonen. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 34, 1889.

dem der Nervenelemente liegenden Ursprungs der Gliasubstanz einig sein. Verschiedenheiten bestehen nur noch darüber, wie diese Substanz aufzufassen sei, ob als epithelial, nervös oder bindegewebig — wir sahen, dass z. B. Kölliker, ungeachtet des ectodermalen Ursprunges, zu letzterer Auffassung neigt — und darüber, ob sie allein das Stützgewebe des centralen Nervensystems bildet, oder ob später noch zweifelloses Bindegewebe von aussen hinzukommt.

Fig. 8.

Nach den nun vorliegenden neueren Untersuchungen von S. Ramón y Cajal (Anat. Anz. 1890 No. 4 p. 115), Kölliker (l. c. Rückenmark), v. Lenhossek (l. c. Mitth. aus dem Vesalianum und Verhandlungen der Anatomenversammlung in München 1891) 17.-21. Mai) Oyarzun[1]) und Retzius[2]) müssen wir uns den Bau und die Anordnung des Gliagerüstes nunmehr in folgender Weise vorstellen. Man muss unterscheiden Fig. 7 und Fig. 8: 1) Die Ependym- oder Neuroepithelzellen, Fig. 7 (15), Fig. 8 (2). 2) Die oberflächlichen oder peripheren Gliazellen, Fig. 7 (12, 13). 3) Die tiefliegenden Gliazellen, Fig. 7 (14). Die Ependymzellen [Fig. 7 (15), Fig. 6 (9), Fig. 8 (2)] ziehen von der Ventrikelwand mit langen verästigten Ausläufern radiär durch die ganze Dicke der Gehirn- oder

[1]) Ueber den feineren Bau des Vorderhirns der Amphibien (Archiv f. mikr. Anat. 35. Bd. 1890 p. 380), unter Edinger's Leitung im Senckenbergischen Institut zu Frankfurt a. M. entstanden.

[2]) Ueber den Bau der Oberflächenschicht der Grosshirnrinde beim Menschen und bei den Säugethieren. Biologiska förenigens förhandlingar (Verhandlungen des biologischen Vereins in Stockholm 1891).

Rückenmarkswandung. Ihr Zellkörper nebst Kern liegt hart an der Ventrikelwand, die peripheren Ausläufer finden mit kleinen Verbreiterungen ihr Ende in der Subpialschicht, wo sie nach den Befunden von Retzius hakenförmig, wie der Griff eines Spazierstocks umbiegen sollen. Nach S. Ramón sollen sie dort mit einer kegelförmigen Anschwellung aufhören [Fig. 7 (15)]. Anastomosen gehen sie unter einander nicht ein. Namentlich im Gebiete der grauen Substanz, spärlicher in der weissen, sind sie mit kleinen unregelmässig gestalteten varikösen Seitenzweigen besezt [Fig. 8 (2)]. Retzius bemerkte noch an der Grenze der weissen und grauen Substanz, im Gebiete der Vorderseitenstränge der Rückenmarkes, längere Seitenzweige, die sagittal abbogen, um später wieder radiär zur Oberfläche zu verlaufen [Fig. 8 (3)]. Beim Rückenmarke ist durch engeren Zusammenschluss der Ependymfasern in der Gegend des Sulcus longit. ant. und posterior eine besondere sich deutlich abhebende Anordnung der Fasern gegeben, das von Retzius sogenannte vordere und hintere Keilstück [Fig. 8 (6 und 7)].

Die oberflächlichen und tiefliegenden Gliazellen [Fig. 8 (4 und 5)] hängen nicht mit der Ventrikelwand zusammen, doch sollen sie nach S. Ramón y Cajal und Lenhossek aus dem Epithelverbande herausgerückte Ependymzellen sein. S. Ramón behauptet das, wie es scheint, für alle; M. v. Lenhossek sicher für die zuerst (beim Hühnchen am sechsten Tage der Bebrütung) auftretenden Zellen, während er die später erscheinenden nicht mehr als herausgerückte Zellen, sondern als durch Theilung aus den Zellen der Keimschicht der Markanlage — d. i. der innersten Zellschicht, in welcher Altmann und andere zahlreiche mitotische Theilungen feststellen konnten — hervorgegangene Gebilde ansieht. Diese Auffassung theilt auch Kölliker.

Die oberflächlichen und tiefen Gliazellen bilden nun die von Deiters zuerst gut beschriebenen, von Jastrowitz als „Spinnenzellen“ bezeichneten Gebilde. Manchmal sieht man an ihnen noch den ventriculären Fortsatz (S. Ramón); sie sind allgemein mit äusserst zahlreichen verästelten Fortsätzen versehen; sie haben eine verschiedene, meist beträchtliche Grösse. Auch bei ihnen zeigen sich nirgends Anastomosen. Die oberflächlichen Zellen liegen mehr oder weniger dicht unter der äusseren Oberfläche und heften sich hier der Pia an, oft mit längeren radiären Fortsätzen; es ist dies z. B. bei gewissen Gliazellen der Kleinhirnrinde der Fall, wo diese Fortsätze als Bergmann'sche Fasern bekannt und u. a. von Eilhard Schulze beschrieben sind [Fig. 6 (10)]. Andere Zellen [Fig. 7 (12)] haften wieder mit einem grossen tellerförmigen Zellkörper der Rinde an und senden von da lange, wenig verzweigte Verästelungen in die Tiefe.

Die tiefliegenden Gliazellen haben die echte Spinnenform (Jastrowitz), indem ihre zahlreichen Ausläufer frei nach allen Seiten (ohne Anastomosen) — gegen die Meinung Ranvier's, Renaut's und Vignal's — auslaufen.

Im Rückenmarke lassen sich noch locale Verschiedenheiten in Form und Anordnung der Zellen, je nach ihrer Lage in der grauen und weissen Substanz, wahrnehmen, was insbesondere v. Lenhossek auf der letzten Münchener Anatomenversammlung betonte.

Hochinteressant ist nun die Thatsache, dass die embryologischen und vergleichend anatomischen Befunde mit dem eben mitgetheilten stimmen. Ontogenetisch — vergl. die Untersuchungen von His — wie phylogenetisch sind die ependymären Zellen das Frühere; ja bei niederen Thieren (Rhode und Nansen ll. cc. bei Amphioxus, Oyarzun l. c. beim Froschvorderhirn) sind sie mit ihren unter der äusseren Oberfläche reicher sich entwickelnden Verzweigungen die einzigen Stützelemente. Dies spricht sehr dafür, dass man die gesammte Glia als ein epitheliales Gewebe auffassen muss. Bei den höheren Thieren verkümmern mit dem Auftreten der secundären Gliaelemente (oberfl. und tiefen Gliazellen) die äussersten Ausläufer der Ependymzellen.

Eine andere Frage, wie hervorgehoben, ist die, ob sich nicht später noch aus anderer Quelle stammende bindegewebige Elemente der ectodermalen Glia hinzugesellen. Eine allgemeine Einigung darüber ist noch nicht erzielt.

His l. c., Ramón y Cajal[1]) und Lachi in einer sehr sorgfältigen Arbeit[2]) sprechen sich für das Eindringen solcher echten bindegewebigen Elemente aus.

Sehr beachtenswerth erscheint es mir, dass bei Wirbellosen (Hirudineen), nach den neuesten Untersuchungen Rohde's (l. c.), ebenfalls zweierlei Stützsubstanzen im centralen Nervensystem unterschieden werden müssen. Die eine, aus Zellen bestehend, ist ectodermalen Ursprunges, derselben Quelle entstammend, wie die nervösen Elemente. Rohde nennt diese Zellen die „Stützzellen". Die Stützzellen hängen mit dem sogen. Spongioplasma der Ganglienzellen und Nervenfasern zusammen. Ich möchte diese Rohde'schen Stützzellen direct mit den Neurogliazellen der Wirbelthiere vergleichen. Ausserdem giebt es aber bei den Hirudineen noch echt bindegewebige Hüllen und Scheiden im Nervensystem.

Schliesslich möge als ein wichtiger neuer Erwerb eine von Weigert, dem wir schon so vieles Hervorragende auf diesem Gebiete verdanken, gefundene Methode, die Neuroglia isolirt zu färben, hier erwähnt werden.[3]) Weigert spricht sich in dieser Mittheilung gegen die von Schwalbe und Gierke vertretene Annahme einer gliösen Grundsubstanz aus und theilt die Meinung Ranvier's, dass die Zellenfortsätze später von den Zellenleibern sich trennten und als freie Fasern den Resten dieser Leiber nur angelagert erschienen.

[1]) Anatomischer Anzeiger 1890 No. 20 p. 579, Réponse a. M. Golgi à propos des fibrilles collatérales de la moëlle épinière et de la structure générale de la substance grise.

[2]) Contributo alla istogenesi della nevroglia nel midollo del pollo. Pisa 1890, Tipografia T. Nistri. Atti della Soc. Tosc. delle Scienze.

[3]) Bemerkungen über des Neurogliagerüst des menschlichen Centralnervensystems. Anat. Anz. 1890 No. 19 p. 543.

Zusammenfassung und physiologische Bemerkungen.

Aus den mitgetheilten Befunden lassen sich nachstehende Hauptsätze ableiten:

I. Die Axencylinder sämmtlicher Nervenfasern (motorische, secretorische, sensible und sensorische, centrifugal oder centripetal leitende) haben sich als **direkt** von **Zellen** ausgehend erwiesen. Ein Zusammenhang mit einem Fasernetzwerke, bezw. ein Ursprung aus einem solchen findet nicht statt.

Beispiele sind im vorhin Erörterten gegeben worden:

a) die motorischen Wurzelfasern,

b) die centrifugal leitenden Pyramidenbahnen,

c) die von den Purkyňe'schen Zellen abstammenden Fasern (Golgi, Ramón, Kölliker ll. cc.),

d) die centripetalen sensiblen Fasern erster Ordnung (Zusammenhang mit den Zellen der Spinalganglien),

e) die centripetalen Bahnen zweiter Ordnung, welche vom Rückenmark zum Gehirn aufwärts leiten, z. B. Kleinhirnseitenstrangbahn — hier sind die Ursprungszellen die der Stilling-Clarke'schen Säulen — Vorderstranggrundbündel, Seitenstrangrestbahn — hier sind es die betreffenden Strangzellen S. Ramón y Cajal's,

f) die sensorischen Bahnen erster Ordnung in den Sinnesorganen, wie: α) Ursprung der Fila olfactoria aus den Riechzellen. β) Die Verhältnisse in der Netzhaut bedürfen noch weiterer Aufklärung, obwohl wir auch dort keinen Faserursprung anders als von Zellen kennen gelernt haben (vergl. den Zusammenhang der Opticusfasern mit den Ganglienzellen der Ganglienschicht, welcher von Corti und Kölliker nachgewiesen wurde). γ) Die Verbindung der Fasern des Nerv. cochleae mit den bipolaren Zellen des Ganglion spirale cochleae (Corti); hier muss auch, wenn man den Ursprung der Fila olfactoria aus Sinneszellen anführen will, der Ursprung der Ampullen- und Vorhofsnervenfasern aus den Haarzellen der Maculae acusticae (s. Retzius, über die peripherische Endigungsweise des Gehörnerven. Biol. Unters. I 1881 p. 51, Tafel VI) gezählt werden, wie ich es (1872 Stricker's Handbuch der Gewebelehre, Fig. 33,5 B) auch für die inneren Haarzellen des Corti'schen Organes fand. ε) Die Verbindung der Schmeckzellen mit den Schmeckfasern, eine Verbindung, welche bereits die Entdecker der Schmeckzellen, Lovén und Schwalbe (s. Arch. f. mikroskopische Anat. Bd. IV 1868 p. 96 und p. 154), als sehr wahrscheinlich bezeichneten. Dieselbe darf wohl nunmehr nach den Untersuchungen von Fusari und Panasci[1]) als gesichert angesehen werden.

---

[1]) Sulla terminazione dei nervi nella mucosa della lingua dei mammiferi. Atti della Reale Accad. dei Lincei, Vol. VI p. 266 — s. a. Monitore zoologico italiano anno I p. 74 und Atti della R. Accad. delle scienze di Torino, Vol. XXV p. 835.

II. Alle diese Nervenfasern enden frei, mit „Endbäumchen“ (Kölliker), ohne Netz- oder Anastomosenbildung.

Beispiele: die Endbäumchen der motorischen Fasern in den Muskelfasern, die Endbäumchen der Pyramidenfasern im Rückenmarke, die Endigungen der sensiblen Fasern an der Peripherie (freie Nervenenden in der Cornea, freie Nervenenden in den Terminalkörperchen der Haut — Schwalbe, G. Retzius u. a. — die frei liegende Tastscheibe der Grandry'schen Körperchen) sowohl wie in den Centralorganen (Endbäumchen der sensiblen Collateralen). Die Uebertragungen finden also nicht per continuitatem, sondern höchstens per contiguitatem durch Berührung oder auch durch Ausstrahlung von einem freien Ende auf das andere, wie man wohl sagen könnte, statt, z. B. in den Glomeruli olfactorii, wo, wie wir sahen, zwei Endbäumchen gegen einander gerichtet sind, oder auch von Endbäumchen zu Zellen, wie von den Endbäumchen der Pyramidenfasern oder der sensiblen Collateralen zu den motorischen Zellen der Vorderhörner, oder von den die Purkyňe'schen Zellen umspinnenden Faserkörben zu diesen Zellen (Kölliker).

Für die sensiblen Nerven bestehen bezüglich der Sätze 1 und 2 aber noch gewisse Schwierigkeiten, wenn man in eine genauere Bestimmung der Begriffe „Ursprung“ und „Ende“ eines Nerven eingehen will. Man kann hierbei drei bestimmende Momente walten lassen: a) das physiologische, b) das topographisch-anatomische, c) das genetische. Physiologisch ist Ursprung eines Nerven offenbar diejenige Stelle, von der der sich im Nerven normaler Weise abspielende Leitungsvorgang seinen Anfang nimmt, Ende diejenige Stelle, wo er, dieser Richtung nachgehend, aufhört. Die topographische wie die descriptive Anatomie verlegt den Ursprung in die Centralorgane, das Ende an die Peripherie. Genetisch ist der Ort, von wo her eine Nervenfaser sich entwickelt, der Ursprung, die Stelle, wo sie bei ihrer Weiterentwickelung stehen bleibt, ihr Ende. Für die motorischen und psychomotorischen Fasern ist nun alles einfach und klar, da hier alle drei Momente zusammenstimmen.

Lässt man das Gesagte für die Bestimmung des Ursprunges der sensiblen Fasern gelten, so liegen hier grosse Verschiedenheiten vor, denn die sensorischen Fasern scheinen dann physiologisch alle peripherische Ursprungszellen zu haben, während die gewöhnlichen sensiblen Fasern, z. B. die der Cornea und die anderer Schleimhäute, die des Tast- und Temperatur- und Drucksinnes physiologisch mit freien Faserausläufern entspringen, mit solchen (Endbäumchen) auch im Gehirn und Rückenmark enden, während sie an einer bestimmten Stelle ihres Verlaufes in Verbindung mit einer eingeschobenen Zelle, der Spinalganglionzelle, stehen, die sich embryologisch und anatomisch aber wie eine Ursprungszelle verhält. Für die Strecke von der Körperperipherie bis zur Spinalganglionzelle stimmt also die physiologische Leitung nicht mit der embryologischen Wachsthumsrichtung und den anatomischen Lagerungs-

Verhältnissen überein, während z. B. Physiologie und Embryologie wieder stimmen für die Strecke zwischen dem Spinalganglion und der grauen Rückenmarkssubstanz, sowie für die Bahnen zweiter Ordnung (s. unter I e). Die Anatomie stimmt hier wieder nicht. Anatomie und Embryologie stimmen endlich zusammen für die psychosensorischen Zellen, stehen aber für den in Rede befindlichen Punkt in Widerspruch mit der physiologischen Leitung.

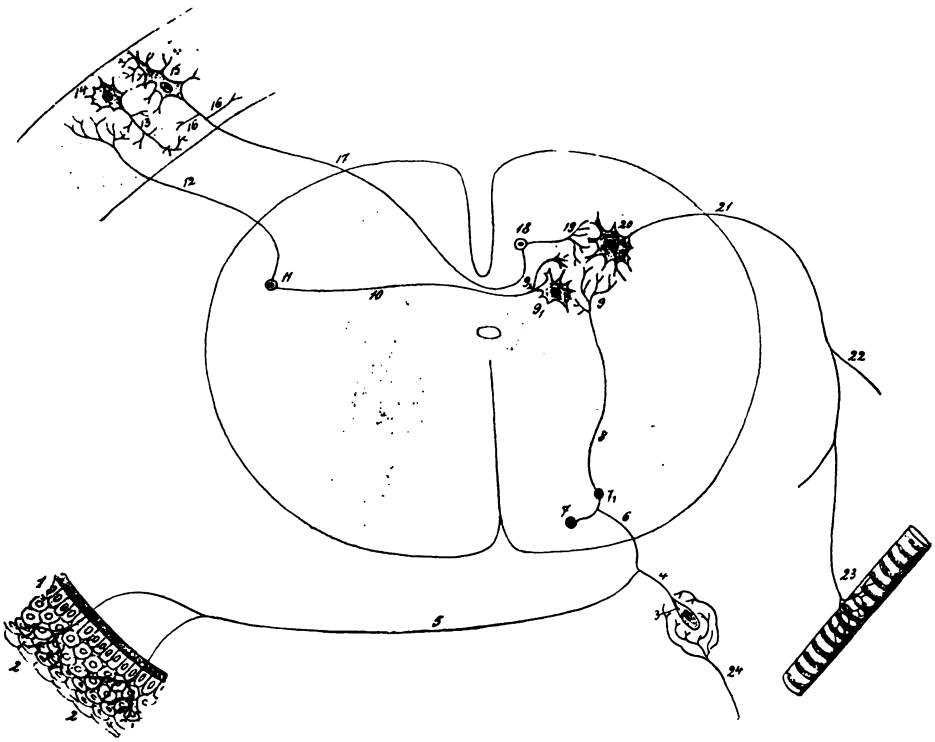
Auf diese Dinge muss bei allen hierher gehörigen Fragen gebührend Rücksicht genommen werden. Lassen wir einmal die schwankenden Begriffe „Ursprung und Ende" bei Seite, so können alle diejenigen Autoren, welche keine netzförmige Verbindung der Nervenfasern innerhalb der Centralorgane annehmen (Ramón y Cajal, Kölliker, His, Nansen, Lenhossek, Retzius), die Sätze 1 und 2 leicht in ein allgemeines kurz zu fassendes Grundgesetz von grosser Tragweite vereinen. Dieses würde lauten:

„Das Nervensystem besteht aus zahlreichen untereinander anatomisch wie genetisch nicht zusammenhängenden Nerveneinheiten (Neuronen). Jede Nerveneinheit setzt sich zusammen aus drei Stücken: der Nervenzelle, der Nervenfaser und dem Faserbäumchen (Endbäumchen). Der physiologische Leitungsvorgang kann sowohl in der Richtung von der Zelle zum Faserbäumchen als auch umgekehrt verlaufen. Die motorischen Leitungen verlaufen nur in der Richtung von der Zelle zum Faserbäumchen, die sensiblen bald in der einen, bald in der anderen Richtung."

Wenn wir nach diesem uns die Beschaffenheit der Wege, welche vom Sitz der bewussten Empfindung und des bewussten Wollens zur Peripherie führen, ansehen, so finden wir, so weit uns die Dinge bis jetzt bekannt sind, immer mehrere Neuronen — mindestens zwei — auf dieser Strecke. Nur zwei dürften z. B. wohl für die Pyramidenbahn vorhanden sein: die eine Nerveneinheit erstreckt sich von einer Ganglienzelle der Grosshirnrinde gekreuzt bis zum Endbäumchen im Rückenmarksgrau, die zweite von einer motorischen Vorderhornzelle bis zum Endbäumchen in einer Muskelfaser (s. Figur 9, Bahn 15—17—18—19—20—21—23). Wahrscheinlich bestehen alle sensiblen Nervenleitungen aus mehr Neuronen als zwei. Diese Verhältnisse lassen sich an den von Kölliker gegebenen Schemata (Fig. 4 A. B. C.) sowie an den beiden von mir entworfenen Figuren (9 und 10) leicht erläutern. In den Kölliker'schen Schemata (Fig. 4) stellt A die Leitung durch die Pyramidenbahnen und die vorderen Wurzeln dar. 1 bezeichnet die Pyramidenvorderstrangbahn, 2 die Pyramidenseitenstrangbahn mit ihren verschiedenen Kreuzungen, den wiederholten Kreuzungen in der vorderen Commissur für 1 und der grossen einmaligen Kreuzung in der Decussatio pyramidum für 2. Die longitudinalen Pyramidenfasern biegen entweder im ganzen in die graue Substanz um, oder senden Collateralen ab. Letztere sowohl, wie

die ganzen Fasern enden mit Faserbäumchen (1a und 2a), von denen die Erregung auf die Ganglienzellen der Vorderhörner sammt ihren Ausläufern, die vorderen motorischen Wurzelfasern (3), übertragen wird. Ausführlicher ist dieser Weg, den zwei Neuronen einnehmen, in meiner schematischen Figur 9 wiedergegeben. 15 stellt eine Pyramidenzelle der Grosshirnrinde dar, von der man die Pyramidenfasern entspringen lässt. Wie bekannt, ist der Lauf der Pyramidenfasern ununterbrochen und gekreuzt (17—18 Figur 9). Durch den

Fig. 9.

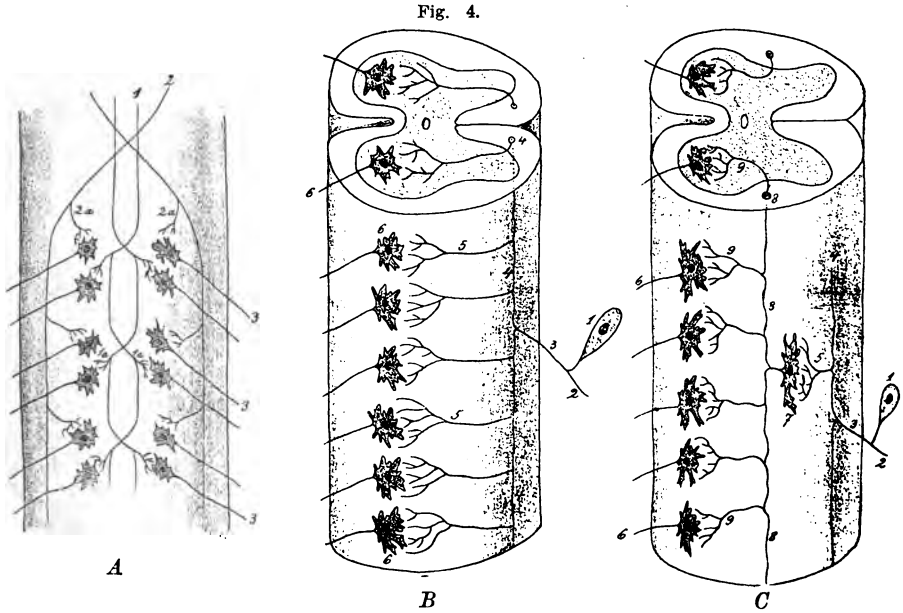


runden Kreis bei 18 ist das Umbiegen der Faser in die Längsrichtung des Vorderstranges (wir nehmen hier als Beispiel die Pyramidenvorderstrangbahn) angedeutet; von hier aus geht die mit dem Endbäumchen 19 versehene Collaterale zur grauen Substanz in die Nähe einer vorderen Ganglienzelle (20), überträgt auf diese den psychomotorischen Reiz, der sich durch die Nervenfaser (21) zum motorischen Endbäumchen (23) in der Muskelfaser fortpflanzt. In 22 ist eine Collaterale der motorischen Nervenfaser angegeben, wie sie z. B. von Golgi und Ramón y Cajal bei manchen Thieren

festgestellt sind. Fraglich ist es, wie wir sahen (Kölliker), ob sie überall vorkommen. Bei 22a ist die Theilung angedeutet, welche die motorischen Fasern auf ihrem Wege wiederholt erleiden.

Das Schema einer sensiblen Reflexleitung ist in der Kölliker'schen Figur 4 B wiedergegeben. 1 = Spinalganglionzelle, 2 die von der Peripherie kommende zuleitende Faser, 3 die zum Gehirn strebende Wurzelfaser; diese theilt sich in einen auf- und absteigenden Ast (4, 4). von diesen gehen die Collateralen 5, 5 mit ihren Endbäumchen ab, die wieder den Reiz auf die Vorderhornzellen 6, 6 u. s. f. übertragen. Hier haben wir drei Neuronen. Die eine von der Peripherie bis zur Spinalganglienzelle, die zweite von da bis zum sensiblen Endbäumchen, die dritte von der motorischen Ganglienzelle zur Muskelfaser.

Fig. 4.



A *B* *C*

In Schema 9 ist dieser Reflexbogen etwas ausführlicher dargestellt. Es sei 1 das Hornhautepithel, in welchem bekanntlich die sensiblen Nerven mit Endbäumchen 2, 2 „enden" (bezw. „beginnen"). Der Reiz wird durch die Faser 5 fortgeleitet bis zur Verbindung mit der Spinalganglienzelle 3 — ob er wirklich dieselbe berühren muss, ist fraglich —, dann gelangt er durch die hintere Wurzelfaser 6, die sich in einen Ramus ascendens (7) und descendens (7_1) theilt, in das Rückenmark bezw. die Medulla oblongata und durch eine Collaterale, die hier an 7_1 herangeführt ist, zur grauen Substanz zum Endbäumchen 9, von wo aus die Uebertragung auf die motorische Leitung stattfindet, die wir hier

mit dem motorischen Endbäumchen, um an ein jedermann bekanntes Reflexbeispiel anzuknüpfen, in einer Muskelfaser des Musc. orbicularis oculi enden lassen wollen, 23. Wir müssen nur, um dies bestimmte Beispiel gelten lassen zu können, für die Figur 9 einmal annehmen, sie gehöre zur Medulla oblongata und die als Spinalganglionzelle aufgeführte Zelle 3 sei eine Zelle des einem Spinalganglion gleichwerthigen Ganglion Gasseri, die motorische Zelle 20 eine solche des Facialiskerns. In diesem Schema ist nun zugleich die psychosensorische Leitung wiedergegeben. Sie ginge vom Endbäumchen 9 zur Ganglionzelle 9_1 — einer Commissurenzelle, wie ich sie hier willkürlich, um sofort in der einfachsten Weise die gekreuzte Leitung zu markiren, gewählt habe, dann durch den Nervenfortsatz 10 zur Längsfaser 11, von dieser zum Gehirn aufwärts. Wie oftmals sie auf diesem Wege unterbrochen wird, wie viel Neuronen mit anderen Worten hier liegen, wir wissen es nicht; der Einfachheit wegen ist hier eine ununterbrochene Leitung angenommen worden, die wieder in der Grosshirnrinde mit einem Endbäumchen aufhört. Dieses übertrüge etwa — dies ist rein hypothetisch — die Erregung auf eine sensible Ganglienzelle vom zweiten Golgi'schen Typus, und müsste hier vielleicht der Sitz der bewussten Empfindung angenommen werden.

In Fig. 9 ist bei 24 noch der Faserkorb mit der ableitenden (oder zuleitenden?) Faser gezeichnet, welcher nach Ehrlich's und S. Ramóns Funden die Spinalganglienzellen umgiebt. Ferner ist der Commissurenzelle 9_1 noch eine Collaterale beigegeben, 9_2, welche mit einem Endbäumchen in der grauen Substanz endet. Solche Collateralen kommen hier häufig vor. Vgl. z. B. Kölliker, Zeitschrift für w. Zool. Bd. 51 p. 28, Absatz 4. Wir werden später bei der Erklärung der Figur 10 dafür Verwendung finden.

In Kölliker's Schema, Fig. 4 C, erhalten wir das Bild einer langen ausgedehnten Reflexleitung. Die sensible Leitung 2, 1, 3, 4, 5 wirkt auf eine Strangzelle 7, diese auf die beiden Längsfasern, in welche sie T-förmig zerfällt, diese durch ihre zahlreichen Collateralen gleichzeitig auf viele motorische Leitungen.

Diese Vorstellungen von dem Gange der Leitungen beruhen aber auf der Annahme, dass in der That keine anastomosirenden Nervennetze vorkommen, sondern nur ein Nervenfilz (Neuropilema, His). Nehmen wir mit Golgi und B. Haller Nervennetze an, so modificirt sich die Auffassung etwas, doch können wir die Nerveneinheiten beibehalten. Die Grenze zwischen zwei Nerveneinheiten würde dann immer in einem Nervennetzwerk liegen und — anatomisch wenigstens — mit unseren jetzigen Hülfsmitteln nicht genau bestimmbar sein.

Bezüglich der Frage nach dem Nervenfilz oder Nervennetz sei hier noch kurz hervorgehoben, dass von den meisten derjenigen Beobachter, welche sich in neuerer Zeit mit dieser Angelegenheit eingehend beschäftigt haben, das Nervennetz geleugnet wird. Ja, Kölliker machte auf der Münchener Anatomenversammlung die

wichtige und überraschende Mittheilung, dass Golgi ihm brieflich und mündlich mitgetheilt habe, er sei missverstanden worden, wenn man ihm die Annahme echter anastomotischer Nervennetze zuschreibe. Jedenfalls müsste dann Golgi seine Meinung geändert haben, denn seine Angaben im Anatomischen Anzeiger l. c. lauten, so viel ich sehe, ganz bestimmt, und ebenso die noch vor wenigen Wochen bekannt gegebenen Angaben seines Schülers L. Sala, l. c. Das Golgi ein Netzwerk nicht mehr so streng betont, geht übrigens auch aus seiner neuesten Mittheilung l. c. Rendiconti dell' R. Istitutó Lombardo di Sc. e Lettere, Vol. 24, Milano, 1891, hervor. Wie die Dinge heute stehen, darf man jedenfalls behaupten, dass der sichere Nachweis anastomotischer Nervennetze noch nicht erbracht ist, und dass die meisten sich für ein Neuropilema aussprechen.

Fig. 4c.

III. Vorläufig unerklärt in ihrer physiologischen und anatomischen Stellung sind zwei Arten von Zellen, deren eine Golgi, die andere S. Ramón y Cajal entdeckte (s. vorhin), ich meine die **Zellen des zweiten Golgi'schen Typus,** deren Axencylinderfortsatz sich nach kurzem Verlaufe in freie Endfasern zerästelt, und die **Ramón'schen Zellen der Grosshirnrinde** (beim Kaninchen nachgewiesen), von denen zwei Axencylinderfortsätze ausgehen, manche bipolar stehend, je von einem Protoplasmafortsatze. Hierüber dürften weitere Untersuchungen, namentlich bei Embryonen und niederen Vertebraten, Aufschluss ergeben; vor der Hand vermögen wir über ihre Bedeutung nichts zu sagen.

IV. Ebenso zweifelhaft ist die Bedeutung und das anatomische Verhalten der **Protoplasmafortsätze** (Deiters), **Dendriten** (His). Schon vorhin ist an der Hand der eingehenden Erwägungen Kölliker's die Frage, um die es sich hier dreht, erörtert worden, und verweise ich darauf. Nur sei hier noch bemerkt, dass Nansen, Sala, Martinotti und Gad für Golgi stimmen, demzufolge diese Fortsätze nicht nervöser Natur wären, strenger gesprochen, nicht leiteten, während S. Ramón y Cajal, His und Lavdowsky (in einem mir vor kurzem zugegangenen Manuscripte, s. a. Verhandlungen des X. internationalen Congresses zu Berlin, Section für Anatomie, p. 92/93) für die ältere Ansicht, dass wir es mit nervösen Bildungen zu thun hätten, eintreten. Und auch Kölliker, nach seinen Mittheilungen auf der Münchener Anatomenversammlung zu urtheilen, worin er noch eine Anzahl neuer Gründe

für und gegen die nervöse Natur der Dendriten vorgebracht hat, neigt sich augenscheinlich auf die Seite der letztgenannten Autoren.

Für mich entscheidet sich diese Frage zugleich mit der Entscheidung der folgenden Frage:

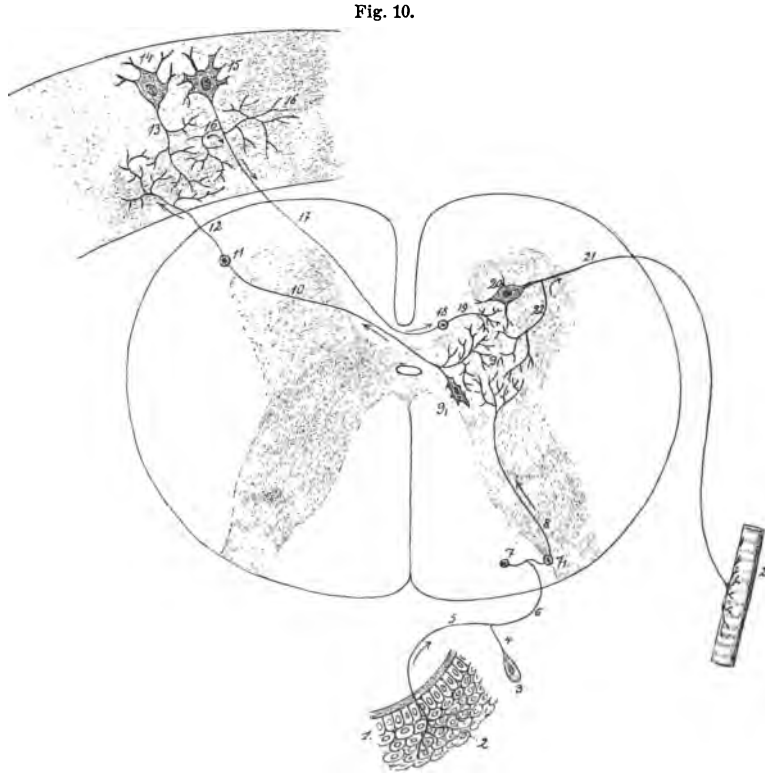
V. Welche Bedeutung haben die Nervenzellen? Sind sie nervös functionirende Apparate oder haben sie nur eine untergeordnete, etwa ernährende Bedeutung?

Ausser Nansen (l. c.) hat bisher niemand an der Auffassung der Ganglienzellen als nervös functionirender Apparate zu rütteln gewagt. Er that es mit seiner kühnen Hand, und nicht ohne Berechtigung, und fasst die Nervenzellen nur als ernährende Organe des gesammten Nervenapparates auf. Nach ihm würden die psychomotorischen und psychosensorischen Functionen einzig in dem Nervenfilz der Hirnrinde ihren Ablauf haben; im Rückenmarke würde die Uebertragung einer motorischen Erregung z. B. von einer Pyramidenfaser auf einen motorischen Axencylinder im dortigen Faserfilze geschehen und von diesem auf die motorische Wurzelfaser überleitet werden. Umgekehrt würde bei einer sensibeln centripetalen Leitung diese im Zusammenhange von der peripheren Aufnahmestation bis zum Rückenmarksfilze vorschreiten, dort würde sie auf eine centripetale Bahn zweiter Ordnung übertragen und von dieser zum Gehirnnervenfilz fortgeleitet, wo die bewusste Empfindung zustandekomme. Die Zellen brauchten somit bei der Leitung nicht unmittelbar zu functioniren. Die Figur 10 soll das Gesagte erläutern und bedarf keiner weiteren Erklärung, da die Figur 9, die fast in allem dasselbe zeigt, soeben eingehend erläutert wurde. Hierbei kommen nun auch die vorhin (bei dieser Erklärung der Fig. 9) noch erwähnten Collateralen von 9_1 und 20 (d. i. 22) zu ihrem Rechte. Kölliker hat sich gegen diese Auffassung Nansen's auf der Münchener Anatomenversammlung mit Entschiedenheit ausgesprochen. Zunächst hebt er hervor, dass Seitenäste (Collateralen), wie sie Nansen's Hypothese verlangt, an den motorischen Wurzeln zwar vorkommen (s. das vorhin Gesagte), indessen so selten, dass man sie nicht in Betracht ziehen könne. Ferner müsse man an die Olfactoriusfasern denken, die mit Zellen an der Peripherie beginnen, sowie an die Fälle, wo die Enden von Nervenfasern Nervenzellen korbartig umflechten (Spiralfasern der sympathischen Ganglienzellen) und die Geflechte um die Spinalganglienzellen, die von Ehrlich und Ramón y Cajal entdeckt wurden, s. Figur 9 (24), — ferner an die von S. Ramón und Kölliker nachgewiesenen Faserkörbe um die Purkyně'schen Zellen (Fig. 6). Für Nansen zu sprechen scheinen die überwiegende Mehrzahl der unipolaren Zellen Wirbelloser, die fast alle ausserhalb des Nervenfilzes liegen, und bei denen auch keine umspinnenden Faserkörbe vorkommen. Kölliker verweist aber auf die von Gad hervorgehobene Thatsache, dass nämlich jeder Reiz, der eine motorische Faser trifft, nach beiden Seiten hin fortgepflanzt wird, er kommt also auch zu den motorischen Zellen, und es ist

somit nicht ausgeschlossen, dass diese sich am Zustandekommen der Reflexe betheiligen.

Vor der Hand scheint es mir aus diesen Gründen, deren Schwergewicht ich anerkenne, verfrüht, den Zellen die Betheiligung an der nervösen Function abzusprechen, und damit glaube ich auch, müssen wir den Protoplasmafortsätzen, welche gewissermaassen nur Verzweigungen der Leibessubstanz der Zellen sind, dieselbe Function in einfacher Folgerung belassen. Es vereinigt sich damit sehr gut die vorhin vorgebrachte Thatsache, dass die Nervenfortsätze auf weite Entfernungen vom Zellkörper hin von den Dendriten ent-

Fig. 10.



springen. Läugnen wollen wir nicht, dass mit der Annahme einer nervösen Function der Dendriten eine ungemeine Schwierigkeit und Verwickelung für die physiologische und pathologische Verwerthung der Befunde entsteht. Wir können hier der sorgfältigen Arbeit der Physiologen und Pathologen nicht entrathen; die Arbeit des Anatomen findet hier ihre Grenze.

VI. Hieran schliesst sich unmittelbar die weitere Frage: Finden überhaupt keine Uebertragungen von Faser auf Faser —

ohne Beanspruchung von Zellen — statt? Ich glaube, dass hier die Glomeruli olfactorii den Beweis in bejahendem Sinne liefern. Es treffen hier die Endbäumchen der Fila olfactoria mit denen der Células empenachadas (Federbuschzellen) S. Ramón's zusammen, ohne dass Zellen eingeschoben wären, sicherlich keine Nervenzellen.

VII. Von allen Nervenfortsätzen scheinen nach den neueren Beobachtungen **Seitenäste** (Collateralen S. Ramón y Cajal) zu entspringen. Sie sind, wie wir sahen, festgestellt bei allen Rückenmarksstrangfasern, bei den gleichlaufenden Fasern der Medulla oblongata (Kölliker's Demonstrationen auf der Münchener Anatomenversammlung und Anatomischer Anzeiger 1891, l. c.), in der Klein- und Grosshirnrinde und in der Balkenfaserung (s. das Vorhergehende). Mit dem von Golgi zuerst geführten Nachweise, dass die Nervenfortsätze sich verzweigen, war die Entwickelung unserer Kenntniss der Collateralen, die dann von Ramón y Cajal sehr viel weiter geführt und verallgemeinert ist, eröffnet. Aus dem Vorhandensein der so zahlreichen Collateralen folgt nun ohne weiteres, mögen wir nun ein Nervennetz annehmen oder nicht, ein Hauptsatz, dass eine isolirte Leitung in den Centralorganen nirgends besteht, oder wenigstens zu bestehen braucht, denn überall bieten die Collateralen Auswege zu benachbarten Strassen. (S. hierüber u. a. Golgi[1]). Auf der anderen Seite aber kann mit diesen Befunden auch eine isolirte Leitung möglich sein, indem ja nicht mit Nothwendigkeit die Collateralen in Anspruch genommen zu werden brauchen.

Zum Schlusse füge ich noch eine Uebersicht der Ergebnisse an, welche die genannten Arbeiten, insbesondere die von A. Kölliker, für den am besten bekannten und am meisten untersuchten Abschnitt der nervösen Centralorgane, für das Rückenmark, geliefert haben. Ich gebe diese Resultate im wesentlichen nach Kölliker's eigener trefflicher Zusammenstellung (Zeitschr. f. wissensch. Zool. 51. Bd. l. c. p. 40), muss aber alle diejenigen, denen es um ein genaueres Studium dieser Dinge zu thun ist, auf die Originalarbeit verweisen, indem ich natürlich hier nur eine kurze Darlegung der Thatsachen und unmittelbaren Folgerungen, ohne eingehendere Schilderung und Begründung, geben kann.

1. Die Vorderseitenstränge bestehen zum Theil aus Fasern, die von Nervenzellen (Strangzellen) aller Theile der grauen Hörner abgegeben werden [Fig. 2 (3, 10, 11), Fig. 4 c].

2. Diese Stammfasern entsenden Collateralen in die graue Substanz [Fig. 8 c (8, 9)], ebenso wie die Nervenfortsätze der Strangzellen selbst, so weit sie noch in der grauen Substanz verlaufen [Fig. 9 (9, 2), Fig. 10 (9, 1)]. Auch biegen die Stammfasern zum Theil selbst in die graue Substanz um, um dort mit Endbäumchen zu endigen.

[1]) Ueber den feineren Bau des Rückenmarkes. Anat. Anz. 1890 No. 13, 14 und 15 p. 434.

3. Die Hinterstränge bestehen aus den sich theilenden, zur Längsrichtung umbiegenden hinteren Wurzelfasern [Fig. 3 (1, 1, 2, 2)]. Von letzteren, wie von den Hinterstrangfasern gehen überall frei mit Endbäumchen endende Collateralen zur grauen Substanz [Fig. 3 (3, 4), Fig. 4 (B und C, 1—5)].

4. Die motorischen Wurzeln kommen ausnahmslos von Zellen des Vorderhorns, als deren Nervenfortsätze [Fig. 2 (1), Fig. 5 (8 und 10)]. Nach Golgi geben diese immer Collateralen ab [Fig. 9 und 10 (22)], nach Kölliker nur in gewissen Fällen.

5. Die sensiblen Wurzeln kommen von den Zellen der Spinalganglien [Fig. 2 (9), Fig. 4 (B und C, 1—5), Fig. 5 (2, 3), Fig. 9 und 10 (3, 4, 6)]; einzelne Fasern (v. Lenhossek, S. Ramón) auch als Axencylinderfortsätze von Zellen des Vorderhorns [Fig. 2 (2)].

6. In die Commissura anterior gehen ein:

a) Nervenfortsätze der Zellen der gesammten grauen Substanz, die in die contralateralen Vorderseitenstränge übergehen [Fig. 2 (5, 6, 7)];

b) sich kreuzende Collateralen der Vorderseitenstränge [Fig. 5 (12)];

c) sich kreuzende Dendriten der medialen Vorderhornzellen.

7. Zur Commissura posterior gehören sich kreuzende Collateralen der sensiblen Wurzelfasern [Fig. 5 (6)].

Alles übrige hier, bezüglich dessen ich auf die ausdrücklich angeführte Darstellung Kölliker's verweisen muss, ist z. Z. noch unsicher.

Aus Kölliker's Besprechung der physiologischen Leistungen des Rückenmarkes führe ich folgendes an:

1. Die willkürlichen Bewegungen [vergl. Fig. 9 und 10 (15—23) und Fig. 4 A nach Kölliker]. Ich wiederhole kurz, der Vollständigkeit und Uebersichtlichkeit halber, das, was hierüber schon ausführlich gebracht wurde. Die willkürlichen Bewegungen kommen durch die Pyramidenbahnen zustande, nach Kölliker's Annahme so, dass von einer Pyramidenursprungszelle im Gehirn der Impuls auf eine Pyramidenvorderstrang- oder Pyramidenseitenstrangfaser übergeht, in dieser zur contralateralen Seite verläuft und dort in eine Collaterale überspringt, durch deren Endbäumchen er auf eine motorische Zelle, von dieser auf eine motorische Faser und deren Endbäumchen in einer Muskelfaser übertragen wird.

In dem Kölliker'schen (Fig. 4 A) und in meinem Schema (Fig. 9 und 10) ist angenommen, dass die Pyramidenvorderstrangbahn sich in der vorderen Commissur kreuze, was für sämmtliche Fasern dieser Bahn noch nicht sicher ist.

Die motorischen Zellen liegen, wie besonders Schwalbe (Lehrbuch der Neurologie) betont hat, in metameralen Segmenten (Segmentkerne). Es kann nun jede Pyramidenfaser zu einem oder zu mehreren Segmentkernen Collateralen schicken. Wenn ein und derselbe Muskel von mehreren Nervenwurzeln versorgt wird, so bleibt die Wahl, ob man die Einwirkung einer Pyramidenfaser auf

mehrere Wurzelkerne annehmen will, oder ob im psychomotorischen Centrum eine Einwirkung auf mehrere Pyramidenfasern gleichzeitig statt hat.

2. Die bewussten Empfindungen [Figg. 4 B und 9 und 10 (1—14)]. Diese werden sicher von der Peripherie durch die hinteren Wurzeln zu den Hintersträngen und in diesen weiter cerebralwärts geleitet. In der Medulla oblongata müssen die Hinterstrangfasern wohl alle erst einmal enden, wo und wie? (die Nuclei graciles und cuneati sind hier seit Deiters am meisten genannt) ist noch unsicher. Von Kölliker sind demnächst weitere Untersuchungen hierüber zu erwarten. Von dieser Oblongataendigung aus, die wir uns als mit Endbäumchen geschehend denken müssen (in den von mir gezeichneten Schemata [Fig. 9 und 10] ist auf diese Unterbrechung keine Rücksicht genommen), geht eine zweite und vielfach noch dritte Nerveneinheit weiter bis zur Endstation, die wir in der psychosensorischen Zone der Grosshirnrinde anzunehmen haben. Ein Theil der Hinterstrangfasern geht nicht bis zur Medulla oblongata, sondern geht in kurze Bahnen über. Die Einwirkung der Spinalganglienzellen auf die sensible Leitung ist vollkommen unbekannt; wir wissen nur aus den Durchschneidungsversuchen Waller's, dass sie einen trophischen Einfluss haben. Mehr kann man mit Sicherheit von der Leitung der bewussten Empfindungen nicht aussagen. Bezüglich der Angaben, dass Schmerz- und Wärmegefühl durch die graue Substanz, Tastgefühl und Kälteempfindung aber durch die Hinterstränge geleitet würden, meint Kölliker, dass die Leitung durch die graue Substanz mittels Collateralen sich vollziehe. Diese erregten mit ihren Endbäumchen Strangzellen der grauen Substanz, von diesen wieder würden Fasern der Vorderseitenstränge abgegeben, die dann zum Hirn aufwärts führten], siehe das Schema Fig. 4 C (2, 3, 4, 5, 7, 8)].

3. Reflexbahnen. Wir haben zu unterscheiden: a) kurze Reflexbögen, b) lange Reflexbögen. Die kurzen Bögen liegen zwischen den sensiblen und motorischen Fasern desselben Rückenmarkssegmentes derselben Seite, oder sie gehen auch auf die entgegengesetzte Seite über. Die Uebertragung von der sensiblen auf die motorische Bahn derselben Seite erklärt sich leicht. Vergl. Fig. 4 B (2, 3, 4, 5, 6) oder auch Figg. 9 und 10 (1—9 von 9 auf 20 u. s. f.). Das Uebergehen auf die andere Seite geschieht folgendermaassen: Eine Strangzelle der rechten Seite z. B. wird durch eine sensible Collaterale der gleichen Seite erregt [Fig. 4 C (2, 3, 4, 5, 7)], die Erregung geht durch den nervösen Fortsatz in der vorderen Commissur auf die andere Seite über [Fig. 2 (5, 6, 7)], hier durch die Collateralen dieses nervösen Fortsatzes zu einer motorischen Zelle der contralateralen grauen Substanz. — Die bekannte Dämpfung der Reflexe durch das Grosshirn erklärt Kölliker wohl mit Recht aus dem Einflusse der Pyramidencollateralen auf die motorischen Zellen unter der Annahme, dass dieser Einfluss ein mächtigerer sei als der der sensiblen Bahn.

Es wird dies sofort durch die Betrachtung der wiederholt angerufenen Schemata 9 und 10 verständlich.

Lässt man ein Netzwerk anastomosirender Nervenfasern im Rückenmarke zu, so ist die Erklärung der ausgebreiteten grossen (langen) Reflexe nicht schwer; stellt man sich aber auf den Standpunkt S. Ramón's und Kölliker's, so kann sie mit Hülfe der sogenannten „kurzen Bahnen“ gegeben werden, oder unter der Annahme, dass jede sensible Faser der Hinterstränge, wie man es nach den Angaben S. Ramón's in der That annehmen muss, auf ihrer ganzen Länge von Strecke zu Strecke Collateralen abgiebt. Diese könnten zusammen in Erregung versetzt werden und ihre Erregung auf die motorischen Zellen einer grossen Rückenmarksstrecke übertragen. S. Fig. 4 B (2, 6). Die sogenannten kurzen Bahnen sind in dem Schema (Fig. 4 C) dargestellt. Falls durch diese ein ausgebreiteter Reflex herbeigeführt werden soll, so wird ein umständlicher Weg eingeschlagen. Von der sensiblen Faser (2, 3, 4) geht durch die Collaterale (5) der Reiz auf eine Strangzelle (7) über, von da auf irgend eine Faser (8) der Vorderseitenstrangbahn, die aber im Rückenmarke verbleibt (daher „kurze Bahn“), wenn auch eine grössere Strecke durchmessend. Diese sendet wieder Collateralen (9,9) zur grauen Substanz derselben oder der anderen Seite, deren Endbäumchen auf zahlreiche motorische Ganglienzellen (6, 6) zusammenwirken. Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob der einfachere oder der verwickeltere Weg oder beide von der Natur beschritten werden.

4. Beziehungen der sensiblen Bahnen des Rückenmarkes zum Gehirn.

Zum Kleinhirn kennen wir seit Foville und Flechsig die Kleinhirnseitenstrangbahn. Ich kann nach meinen Untersuchungen am Gorillarückenmark die Annahme Kölliker's und anderer nur bestätigen, dass die Fasern dieser Bahn als Nervenfortsätze aus den Zellen der Stilling'schen Kerne entspringen (für den Namen „Clarke'sche Säulen“ sehe ich keine Berechtigung, da Stilling sie lange vor Clarke gekannt hat; Kölliker selbst, obwohl er in seiner letzten Abhandlung den Namen „Clarke'sche Säulen“ gebraucht, hat sie früher schon „Stilling'sche Kerne“ genannt — s. meine Abhandlung über das Gorillarückenmark p. 19 l. c.). Zu diesen Zellen ziehen aber wieder, wie man nach meinen Erfahrungen besonders leicht beim Hunderückenmarke sieht — indessen auch bei allen anderen — eine grosse Anzahl in Endbäumchen auslaufende Fasern, die von den hinteren Wurzeln stammen und nunmehr als Collateralen derselben zu deuten sind. Die Bahn leitet centripetal; sie kann auch bei Reflexen, kurzen sowohl wie langen, wirken, da von ihren Fasern wieder Collateralen zur grauen Substanz abgehen.

Mit dem Grosshirn bestehen keine direkten sensiblen Verbindungen; hier setzt von den Kernen des zarten Stranges und Keilstranges

als Bahn zweiter Ordnung[1]) die „Schleife“ ein. Von Bechterew, Edinger, Auerbach und mir (s. darüber meine Anatomie des Gorillarückenmarks p. 120) sind Fasern beschrieben, welche aus den Hinterhörnern durch die vordere Commissur gekreuzt zum Vorderseitenstrang der andern Seite gingen. Von Bechterew, Auerbach und Edinger wurden sie als Fortsetzungen hinterer Wurzelfasern aufgefasst; ich begnügte mich mit der Wiedergabe des einfachen Thatbestandes, so weit ich ihn gesehen hatte, dass nämlich diese Fasern aus dem Hinterhorn kämen. Edinger[2]) änderte seine Angabe neuerdings dahin, dass er gewisse sensible Wurzelfasern im Hinterhorn mit Zellen in Verbindung treten lässt, dass dann erst von diesen Zellen sensible Fasern entsprängen, die kreuzend durch die vordere Commissur zum Hirn (Medulla oblongata) aufwärts gingen. Nach S. Ramón's und Kölliker's Untersuchung hätten wir dies nunmehr so zu fassen, dass Collateralen der sensiblen Wurzeläste mit ihren Endbäumchen gewisse Strangzellen beeinflussen, von denen aus dann Nervenfortsätze durch die vordere Commissur zur Gegenseite gingen und dort im Vorderseitenstrang aufwärts zögen. Kölliker spricht noch gewisse Bedenken gegen die Deutung dieser Bahn als einer direkt zur Schleife sich fortsetzenden aus, auf die ich hier nicht näher eingehen kann.

5. Beziehungen des Rückenmarkes zu den unwillkürlichen Bewegungen.

Zu diesen Bewegungen rechnet Kölliker a) die tonischen Zusammenziehungen der Gefässmuskeln und der Sphincteren, b) die Actionen unwillkürlicher Muskeln, welche theils reflectorisch, theils vom Gehirn aus eintreten (Gefässverengerung, Beschleunigung des Herzschlages, Peristaltik, Harnentleerung u. a.), sowie die Hemmungen dieser Bewegungen (Gefässerweiterung, Herzerschlaffung nach Vagusreizung u. s. w.), c) die von Gad sogenannten „autochthonen“ Bewegungen (z. B. Athembewegung).

Sehen wir von den Vagusfasern ab, die hier in Frage kommen (für welche übrigens ähnliche Verhältnisse vorliegen dürften), so verlaufen ein grosser Theil der betreffenden Nervenbahnen in den Spinalnerven. Nach Gaskell's Untersuchungen beim Hunde sind es feine markhaltige Fasern der vorderen Wurzeln, welche vom zweiten Brustnerven bis zweiten Lendennerven und im zweiten und dritten Sacralnerven austreten. Kölliker meint, dass dieses Nervenfortsätze der kleineren Vorderhornzellen seien, und lässt es (gegen Gaskell) noch zweifelhaft, ob auch Hinterhornzellen, insbesondere die Stilling'schen Zellen, sich daran betheiligten. Auf diese Zellen könnten dann ja vom Gehirn aus die Endbäumchen der Pyramidenfasern oder der der Vorderseitenstrangereste, ebenso wie die der sensiblen Collateralen ihre Wirkung äussern.

[1]) Ich nehme hier bei der Benennung zweiter Ordnung den Weg von der Peripherie zum Centrum.

[2]) Einiges vom Verlaufe der Gefühlsbahnen im centralen Nervensystem. Diese Zeitschr. 1890 No. 20.

Hierher wären dann auch nach der Meinung Kölliker's (
Anm. zu p. 16 seiner Abhandlung über das Rückenmark l. c.) d
von M. v. Lenhossek und S. Ramón y Cajal entdeckten Fase
zu rechnen (Fig. 2 (2), welche von Vorderhornzellen entspring
und mit der hinteren Wurzel austreten, die also als centrifugale
der hinteren Wurzel laufende Fasern zu deuten wären. (Vergl. d
früher Gesagte.)

Ueberblicken wir den Hauptgewinn, den uns die besprochen
anatomischen Untersuchungen gesichert haben, so liegt er besonde
meiner Meinung nach, in der ermöglichten schärferen Begrenzu
der anatomischen wie functionellen Elemente des Nervensyste
als welche wir die Nerveneinheiten (Neuronen) ansehen müsse
so wie in der Entdeckung der Collateralen mit ihren En
bäumchen durch Golgi und S. Ramón y Cajal. Diese Din
ermöglichen uns das Verständniss isolirter Leitungen sowohl — o
gleich es fraglich bleiben muss, ob solche in der That vorkomm
— als auch der Ausbreitungen von Leitungen über weite Strecke
Aber, neue Thatsachen, neue Aufgaben! Diese tröstliche und e
freuliche Seite der Naturforschung ist uns auch hier, wie ich
schon in den einleitenden Worten andeutete, auf Schritt und Tr
offenbar geworden. Zur Lösung dieser Aufgaben werden ab
ebenso sehr die Physiologen und Pathologen, wie die Anatomen b
rufen sein.[1])

---

[1]) Als ich bereits die Correctur der vorstehenden Arbeit beendet hat
erhielt ich durch die Freundlichkeit der Verfasser die nachstehenden, d
gleichen Gegenstand betreffenden Abhandlungen: 1) van Gehuchten, A
Les decouvertes récentes dans l'anatomie et l'histologie du système nerve
central. Conférence donnée à la société belge de microscopie le 25 av
1891, Bruxelles, Manceaux, 1891. — 2) van Gehuchten, A., La structu
des centres nerveux. La moëlle épinière et le cervelat. „La Cellule", T. V
1891, p. 81. — 3) v. Lenhossek, M., Neuere Forschungen über den feiner
Bau des Nervensystems. Nach einem Vortrage vom 14. Mai 189
Correspondenzblatt für Schweizer Aerzte, Jahrg. 21, 1891. — Ferner: 4) D
neueste Heft der von Carnoy herausgegebenen Zeitschrift „La Cellule
welches, ausser der vorhin genannten Arbeit, van Gehuchten's (No. 3
noch eine neue Mittheilung von S. Ramón y Cajal enthält: Sur la stru
ture de l'écorce cérébrale de quelques mammifères (p. 125). Van G
huchten bestätigt in allen Stücken die Angaben S. Ramón's u
v. Kölliker's. Das wesentlichste aus der Arbeit S. Ramón's ist na
einer früheren Veröffentlichung in spanischer Sprache, im Vorstehend
mitgetheilt.

Die sub. 1 citirte Arbeit van Gehuchten's und die von v. Lenhosse
verfolgen das gleiche Ziel wie diese meine Zusammenstellung. Sie sin
früheren Datums; dann kommt der Vortrag v. Kölliker's auf der die
jährigen Anatomenversammlung in München. — Das Erscheinen von vi
Arbeiten gleichen Zieles erweist wohl zur Genüge das hohe Interesse, welch
der Gegenstand erwecken muss.

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin W.

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.

E451 Waldeyer, H.W.G. 9742
W16 Ueber einige neuere
1891 Forschungen im Gebiete

NAME

DATE DUE